



Nations Unies
Commission économique pour l'Afrique
Bureau pour l'Afrique du Nord

Le secteur des énergies renouvelables en Afrique du Nord

«situation actuelle et perspectives»



CEA-AN/PUB/12/01

Nations Unies
Commission économique pour l'Afrique
Bureau pour l'Afrique du Nord

Le secteur des énergies renouvelables en Afrique du Nord

Situation actuelle et perspectives

Septembre 2012

Publiée par le Bureau pour l'Afrique du Nord de la Commission économique des Nations Unies pour l'Afrique (CEA-AN)
Avenue Attine - Secteur 3-A5
B.P. 2062 Rabat Riad
Hay Riad, Rabat
Maroc
Site internet : www.uneca-an.org / www.uneca.org

© CEA-AN, 2011
Tous droits réservés

Toute partie de la présente publication peut être citée ou reproduite. Il est cependant demandé d'en informer le Bureau pour l'Afrique du Nord de la Commission économique pour l'Afrique et de lui faire parvenir un exemple de la publication.

Cette publication, éditée par le Bureau sous-régional pour l'Afrique du Nord de la Commission économique des Nations Unies pour l'Afrique (CEA), a pour objet de donner une vue d'ensemble de la situation et des perspectives de développement des énergies renouvelables en Afrique du nord. Elle souligne l'important potentiel de la région et les efforts en cours et à venir pour améliorer significativement la part des énergies renouvelables dans le mix énergétique et renforcer ainsi la sécurité énergétique. La publication passe en revue les politiques en place, et les différents instruments institutionnels, législatifs et financiers développés. Elle se propose d'analyser aussi les synergies et les opportunités de coopération au sein de la région. Elle identifie les principales barrières au développement des énergies renouvelables et propose des pistes pour lever ces obstacles.

La présente publication a été réalisée par Mme Marieme Bekaye, Economiste chargée du développement durable, sous la direction de Mme Karima Bounemra Ben Soltane, Directrice du Bureau. Ce rapport a bénéficié des contributions techniques de M. Smail Khennas, expert en énergie, et de M. Ramzi Abbes, étudiant et stagiaire.

La publication a en outre pris en compte les commentaires et recommandations de la réunion d'experts organisée à Rabat, Maroc du 12 au 13 janvier 2012.

La version finale de cette publication a été revue avec le concours de Mme Houda Mejri, Responsable de l'information. L'édition a été assurée par M. Mohammed Mosseddek, Assistant de recherche.

Table des matières

	Page
<i>ACRONYMES</i>	ii
<i>LISTE DES FIGURES</i>	iv
INTRODUCTION : <i>Champ de l'étude et hypothèses</i>	1
Chapitre 1. DES TENDANCES MONDIALES RECENTES ET SIGNIFICATIVES	5
Chapitre2. SITUATION ENERGETIQUE ET POTENTIEL EN ER DE L'AFRIQUE DU NORD.....	11
2.1 Situation énergétique et place des énergies renouvelables: <i>revue par pays</i>	11
2.2 Potentiel en energies renouvelables: <i>la situation par filière et par pays</i>	17
2.3 L'accès à l'énergie et les disparités de genre	25
Chapitre 3. STRATEGIES ET PROGRAMMES D'ENERGIES RENOUVELABLES.....	27
Chapitre 4. INSTRUMENTS DE PROMOTION DES ENERGIES RENOUVELABLES.....	51
4.1 Cadres législatif, réglementaire et financier.....	51
4.2 Développement des capacités industrielles.....	60
4.3 Recherche-Développement et nécessité d'une masse critique.....	62
Chapitre 5. LES DEFIS DE LA COOPERATION REGIONALE	67
Chapitre 6. LES POLITIQUES D'EFFICACITE ENERGETIQUE	69
Chapitre 7. PRINCIPALES BARRIÈRES AU DÉVELOPPEMENT DES ER ET DE L'EE	79
CONCLUSION.....	85
<i>LEXIQUE</i>	89
<i>BIBLIOGRAHIE</i>	91

ACRONYMES

ADER	Agence pour le Développement de l'Electrification Rurale (Mauritanie)
ADEREE	Agence nationale de Développement des Energies Renouvelables et de l'Efficacité Energétique (Maroc)
AFD	Agence Française de Développement
BAD	Banque Africaine de Développement
AIE	Agence Internationale de l'Energie
ANADER	Agence Nationale de Développement des Energies Renouvelables (Mauritanie)
ANER	Agence Nationale des Energies Renouvelables (Tunisie)
ANME	Agence Nationale pour la Maîtrise de l'Energie (Tunisie)
APAUS	Agence de Promotion de l'Accès Universel aux Services de Base (Mauritanie)
APRUE	Agence pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Energie (Algérie)
BEI	Banque Européenne d'Investissement
BOOT	Build, Own, Operate and Transfer
BT	Basse Tension
CDER	Centre de Développement des Energies Renouvelables (Algérie)
CDER	Centre de Développement des Energies Renouvelables (Maroc) devenu ADEREE
CES	Chauffe-Eau Solaire
CO2	Dioxyde de Carbone
COMELEC	Comité Maghrébin de l'Electricité
CSLP	Cadre Stratégique de Lutte contre la Pauvreté
CSP	Concentrated Solar Power
CTF	Clean Technology Fund
DII	Desertec Industrial Initiative
DNI	Direct Normal Irradiance
EAPP	East Africa Power Pool
EE	Efficacité Energétique
ER	Energie Renouvelable
EREE	Energie Renouvelable et Efficacité Energétique
FNME	Fonds de l'Environnement Mondial
FNME	Fonds National de Maîtrise de l'Energie (Algérie)
FOGEER	Fonds de Garantie pour l'Efficacité Energétique et les Energies Renouvelables (Maroc)
GES	Gaz à Effet de Serre
GNL	Gaz Naturel Liquéfié
GPL	Gaz de Pétrole Liquéfié
IFI	International Financial Institution
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IRESN	Institut de Recherche en Energie Solaire et en Energies Nouvelles (Maroc)
JICA	Japan International Cooperation Agency
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
LBC	Lampes Basse Consommation
MASEN	Moroccan Agency for Solar Energy

MEDEREC	Mediterranean Renewable Energy Center
MENA	Middle East and North Africa
MHETHIC	Ministère de l'Hydraulique de l'Energie et des Technologies de l'Information et de la Communication (Mauritanie)
LOEE	Ministère de l'Energie et de l'Electricité (Egypte)
MT	Moyenne Tension
NEA	New Energy Algeria
NEC	National Electricity Corporation (Soudan)
NIF	Neighbourhood Investment Facility
NOx	Oxyde Nitreux
NREA	New and Renewable Energy Authority (Egypte)
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
ONE	Office National de l'Électricité (Maroc)
ONEP	Office National de l'Eau Potable (Maroc)
PIB	Produit Intérieur Brut
PNME	Programme National de Maîtrise de l'Energie (Algérie)
PNUD	Programme des Nations Unies pour le Développement
PPA	Parité de Pouvoir d'Achat
PPP	Partenariat Public Privé
PSM	Plan Solaire Méditerranéen
PST	Plan Solaire Tunisien
PV	Photovoltaïque
PWMSP	Paving the Way for the Mediterranean Solar Plan Project
R&D	Recherche et Développement
RCREEE	Regional Center for Renewable Energy and Energy Efficiency
REAOL	Renewable Energy Authority of Libya
RIM	République Islamique de Mauritanie
SIE	Société d'Investissements Energétiques (Maroc)
SNIM	Société Nationale Industrielle et Minière (Mauritanie)
SO2	Dioxyde de Soufre
SMELEC	Société Mauritanienne de l'Electricité
SONELGAS	Société Nationale de l'Electricité et du Gaz (Algérie)
SPC	Solar Power Company
SSDSB	Sudanese Social Development and Savings Bank
STEG	Société Tunisienne de l'Electricité et du Gaz
UDST	Unité de Développement pour la Technologie Silicium
UE	Union Européenne
UMA	Union du Maghreb Arabe
UNECA	United Nations Economic Commission for Africa
UNEP/PNUE	United Nations Environment Program, Programme des Nations Unies pour l'Environnement
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
WB	World Bank

Unités physiques

GW	GigaWatt
GWh	GigaWatt-heure
ktep	Tilo tonnes équivalent pétrole
kWc	Kilo Watt crête
kWh	Kilowatt-heure
m²	Mètre carré
Mm³	Millions de mètres cubes
Mtep	Million tonnes équivalent pétrole
MW	MégaWatt
T	Tonnes
tep	Tonnes équivalent pétrole
TWh	TéraWatt-heure

Unités Monétaires

DA	Dinar Algérien
DH	Dirham Marocain
DT	Dinar Tunisien
UM	Ouguiya, Mauritanie
€	Euros
\$	Dollars des Etats Unis d'Amérique

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Évolution des prix du PV, de l'éolien et des capacités de production 1976 – 2009.....	6
Figure 2: Évolution de la taille moyenne unitaire des centrales éoliennes	7
Figure 3: Carte mondiale du potentiel solaire	8
Figure 4: Carte d'occupation des sols pour les pays d'Afrique du Nord	10
Figure 5: Interconnexions gazières Afrique du Nord - Union Européenne	13
Figure 6: Interconnexion des réseaux dans les pays de la région et échanges régionaux d'électricité	14
Figure 7: Évolution de la demande électrique dans des pays de la région 2011 - 2020.....	16
Figure 8: Importance du potentiel solaire en Afrique du Nord et dans le monde	18
Figure 9: Atlas éolien de la Libye.....	20
Figure 10: Potentiel éolien en Tunisie	21
Figure 11: Évolution de la capacité totale installée ER 2013 - 2030	29
Figure 12: Schéma simplifié de la centrale hybride gaz naturel solaire de Hassi R'Mel.....	30
Figure 13: Programme d'électrification de 18 villages du sud Algérien 1992 - 2005	32
Figure 14: Capacité éolienne installée en Egypte	32
Figure 15 : Réduction des GES grâce aux installations éoliennes (en t CO ²) en Egypte.....	36
Figure 16: Structure du parc électrique installé selon la filière technologique en 2020 au Maroc	40
Figure 17: Ain Beni Mathar, Maroc: centrale hybride.....	41
Figure 18: Investissements en R&D au niveau mondial en 2007	63
Figure 19: Comparaison régionale des intensités énergétiques	69
Figure 20: Intensité énergétique par secteur en Libye	73
Figure 21: Tarifs de rachat pour les usagers en Grande Bretagne	80

PREFACE

L'accès à l'énergie constitue une priorité stratégique dans toutes les régions du monde. Aujourd'hui encore, près de 1,6 milliard de personnes n'ont pas accès à une énergie moderne et trois milliards de personnes dépendent de la «biomasse traditionnelle» et du charbon comme source principale de combustible. L'absence d'accès à une énergie propre (le secteur de l'énergie est responsable des deux tiers des émissions de gaz à effet de serre), abordable et fiable entrave le développement humain et économique et constitue un obstacle majeur à la réalisation des Objectifs du Millénaire pour le Développement.

Reconnaissant l'importance de l'énergie pour le développement durable et la lutte contre la pauvreté, l'Assemblée générale des Nations Unies a proclamé dans sa résolution 65/151 l'année 2012 Année internationale de l'énergie durable pour tous. L'initiative « Énergie durable pour tous » s'est fixé trois objectifs principaux à l'horizon 2030:

- Un accès universel à des services énergétiques modernes ;
- Une réduction de 40 % de l'intensité énergétique mondiale ;
- Une augmentation de 30 % de l'utilisation des énergies renouvelables dans le monde.

Atteindre ces objectifs est d'autant plus urgent, qu'aujourd'hui notre planète compte 7 milliards de personnes et que d'ici 2050, la population mondiale devrait passer à 9,5 milliards d'habitants, ce qui fera exploser les besoins en énergie. Selon le scénario des politiques actuelles établi par l'Agence Internationale de l'Énergie (AIE), la demande mondiale en énergie primaire augmenterait de 30 % sur la période 2010-2035, la Chine et l'Inde représenteraient la moitié de cette croissance (AIE, 2011). Les énergies renouvelables et le gaz représenteraient environ les deux tiers de la demande d'énergie additionnelle sur la période 2010-2035.

Dans son rapport sur les perspectives énergétiques en Méditerranée (MEP, 2011), l'Observatoire Méditerranéen de l'Énergie (OME) prévoit un doublement de la demande énergétique et des émissions de CO₂ dans les pays du Sud de la Méditerranée à l'horizon 2030 et une demande en électricité qui serait multipliée par trois.

L'Afrique du Nord qui connaît une croissance relativement rapide fait déjà face à une demande d'énergie qui ne cesse d'augmenter (de l'ordre de 6-7% par an), en particulier pour les besoins en électricité. La production énergétique est ainsi devenue un enjeu majeur pour la région. Sachant que la plupart des centrales électriques fonctionnent aux combustibles fossiles, et compte tenu de la très forte volatilité des prix des hydrocarbures, les pays ont été amenés à revoir leur politique énergétique en diversifiant le bouquet énergétique et en accordant plus d'importance aux énergies renouvelables et à l'efficacité énergétique, même si l'on sait que les énergies fossiles devraient continuer à dominer le mix énergétique (70%) avec une place plus importante pour le gaz naturel.

Forts de leurs capacités solaires et éoliennes, les pays d'Afrique du Nord se sont fixé des objectifs stratégiques ambitieux et ont lancé des programmes intégrés d'envergure dont les bénéfices attendus portent sur la réduction des émissions de gaz à effet de serre, la diversification économique, la création d'emplois directs et indirects, le développement industriel local et l'amélioration du capital humain. Les énergies renouvelables offrent aussi l'occasion de desservir les régions isolées et très éloignées du réseau électrique national et d'améliorer ainsi l'accès des populations, notamment les plus pauvres, à l'énergie.

Mais le développement des énergies renouvelables dans la région fait face à certaines contraintes telles que :

- l'insuffisance des cadres réglementaires, malgré les progrès réalisés par quelques pays pour autoriser l'autoproduction et donner un accès libre au réseau électrique pour la vente d'électricité produite à partir des énergies renouvelables;
- La faiblesse des financements publics et les subventions aux énergies conventionnelles instaurées par les Etats au titre de la protection des couches sociales pauvres ;
- Le manque de compétences locales et de cadres d'échanges sur les acquis entre les pays de la région ;
- Les limites de la recherche et du transfert technologique.

Pour lever ces obstacles, les stratégies de développement des énergies renouvelables conçues par certains pays de la région misent sur une approche globale qui prend en compte les possibilités d'intégration industrielle créatrice de valeur ajoutée et d'emplois directs et indirects, le développement de la recherche et des compétences. En outre, certaines expériences en cours dans la région montrent l'intérêt et l'apport du Partenariat Public- Privé.

Pour compléter les efforts déployés au niveau national et lever les obstacles liés à la faiblesse des capacités institutionnelles, techniques et financières mais aussi à l'existence d'un marché limité, il est important de renforcer les partenariats entre les pays et entre les entreprises nationales spécialisées tout en s'appuyant sur les expériences et le savoir faire international. La coopération régionale pourrait en effet apporter des solutions durables et des avantages socio-économiques (économies d'échelle, accroissement des flux commerciaux, création d'emplois) à travers une approche harmonisée des politiques énergétiques, une convergence des cadres légaux entre les pays de la région, la généralisation massive des expériences réussies et la création d'un marché régional des énergies renouvelables. C'est dans cet esprit que la neuvième session des Ministres de l'énergie et des mines de l'UMA (Rabat, novembre 2010) a souligné la nécessité pour les pays de converger vers une vision commune et de renforcer la coopération, notamment en ce qui concerne la création d'un marché maghrébin de l'électricité.

Plusieurs initiatives en cours telles que le Plan Solaire Méditerranéen (PSM)¹, le partenariat Euro-Méditerranéen, les accords entre l'UE et certains pays de l'Afrique du Nord, le projet DESERTEC ou encore les initiatives menées dans le cadre de l'UMA (COMELEC, plateforme maghrébine de recherche scientifique et universitaire dans le domaine des ER) et de la Ligue Arabe, constituent autant de cadres de concertation et d'actions communes, susceptibles d'améliorer la coopération technique et financière pour un développement effectif des énergies renouvelables. Ces partenariats offrent des perspectives certaines pour accroître les investissements et développer des projets de production et de distribution d'énergies renouvelables, renforcer les interconnexions et créer un marché régional porteur pour l'électricité.

La Conférence des Nations Unies sur le développement durable « Rio +20 » qui s'est tenue au Brésil au mois de juin 2012 a réaffirmé la nécessité de promouvoir l'accès de tous et en particulier des pauvres, à des services énergétiques modernes et durables. Elle a plaidé pour une utilisation accrue des sources d'énergies renouvelables et d'autres technologies à faible émission de carbone, l'utilisation plus rationnelle de l'énergie, le recours accru aux technologies énergétiques avancées, y compris les technologies propres d'utilisation des combustibles fossiles. Pour réaliser ces objectifs, les pays en développement devront mobiliser les ressources financières adéquates, de manière fiable, abordable, économiquement viable et acceptable sur le plan social et environnemental. Ils devront créer les conditions voulues pour que les secteurs public et privé investissent dans des technologies énergétiques moins polluantes et plus durables.

La présente publication s'inscrit dans cette optique. Elle a été réalisée dans le cadre de la mise en œuvre par le Bureau pour l'Afrique du Nord de la Commission économique des Nations Unies pour l'Afrique (CEA), d'un projet régional sur les mécanismes innovants de financement des énergies renouvelables en Afrique du Nord. Ce projet qui vise à accompagner les efforts de développement des énergies renouvelables dans la région, se concentre plus spécifiquement sur l'amélioration des connaissances en matière d'options et de mécanismes innovants de financement, y compris les instruments de type PPP, adaptés à la région et le renforcement de la coopération et des partenariats au sein de la région, en favorisant une vision commune et des politiques coordonnées à même de promouvoir l'intégration énergétique régionale.

Karima Bounemra Ben Soltane

Directrice du Bureau

¹Le Plan Solaire Méditerranéen (PSM) prévoit la production en Afrique du Nord de 20 GW en énergie solaire à l'horizon 2020 et le développement du réseau méditerranéen d'interconnexion qui devrait à plus long terme, servir de base à l'établissement d'un réseau Euro-méditerranéen.

INTRODUCTION

Champ de l'étude et hypothèses

La présente publication a été réalisée dans le cadre d'un projet sur les mécanismes innovants de financement des énergies renouvelables, exécuté par le Bureau sous-régional pour l'Afrique du Nord de la Commission économique des Nations Unies pour l'Afrique (UNECEA).

Ce projet d'une durée de deux ans s'inscrit dans le cadre des actions menées par les pays membres pour renforcer la sécurité énergétique, améliorer les conditions socio-économiques, promouvoir le développement local et lutter contre le changement climatique. Il vise plus spécifiquement à promouvoir le développement des énergies renouvelables en Afrique du Nord à travers l'établissement d'une base de connaissances sur les mécanismes innovants et durables de financement et le renforcement de la coopération régionale.

La publication donne une vue d'ensemble de la situation actuelle et des perspectives de développement des énergies renouvelables en Afrique du Nord. Elle analyse de manière approfondie les politiques et programmes ainsi que les instruments institutionnel, législatifs et financiers mis en place pour soutenir les différentes filières. Les synergies et les opportunités de partenariat au sein de la région, mais aussi dans le cadre de la coopération avec l'Union Européenne, sont soulignées. Des recommandations sont faites pour réduire les barrières au développement des énergies renouvelables et à l'amélioration de l'efficacité énergétique.

Un chapitre spécifique est consacré à l'enjeu transversal de l'efficacité énergétique. Les pays de la région doivent relever, dans un contexte d'effort global de lutte contre les changements climatiques et de réduction de leur dépendance énergétique face à la volatilité des prix des énergies fossiles, le double défi de la diversification de leur mix énergétique et de la réduction de leur intensité énergétique.

En effet, le potentiel d'efficacité énergétique est important puisque un gain de 10% sur la consommation énergétique de la région pourrait être fait grâce à l'amélioration des mesures d'efficacité énergétique à l'horizon 2030 (MEP, 2011). Les politiques d'efficacité énergétique doivent donc concerner et couvrir tous les secteurs où des potentiels d'économie d'énergie existent.

Le rapport passera en revue la situation des différentes formes d'énergies renouvelables, mais se concentrera sur le solaire et l'éolien. En effet, hormis le Soudan², le potentiel hydro-électrique a été en grande partie mobilisé en Afrique du Nord. En outre, la filière hydro-électrique relève d'une technologie mature dont les coûts de développement à long terme vont rester relativement stables, à la différence des autres filières renouvelables dont le potentiel exploité est encore très faible ; et offre de bonnes perspectives de réduction de coût, et par conséquent, de contribution aux bilans énergétiques des pays de la région. La biomasse ne peut être considérée comme renouvelable que si le taux de prélèvement est supérieur au taux de régénération naturelle. Le bois énergie (bois de feu et charbon de bois) ne joue qu'un rôle marginal en Algérie, en Egypte et en Libye, mais occupe une place importante dans les bilans énergétiques et les économies du Soudan et de la Mauritanie.

Cette étude est confortée par deux hypothèses fondamentales :

- La baisse tendancielle et accélérée du prix des énergies renouvelables va favoriser la rentabilité économique et financière à moyen et long termes de la plupart des filières d'énergies renouvelables par rapport aux services fournis par les énergies fossiles.
- Les pays de la zone Afrique du Nord, ainsi que les pays développés, continueront d'apporter un appui aux plans politique, institutionnel et financier pour la diffusion à grande échelle des filières d'énergies renouvelables et des mesures d'efficacité énergétique (EE). Ces deux hypothèses seront étayées lors de l'analyse.

L'étude comprend sept chapitres :

- Le premier chapitre aborde les grandes tendances au niveau mondial des principales filières des énergies renouvelables, notamment la dynamique technologique et économique. Cette partie est indispensable pour comprendre les enjeux et politiques dans la région Afrique du Nord.
- Le second chapitre identifie les principaux enjeux liés au développement des ER, et passe en revue la situation énergétique des pays de la région et la place des énergies renouvelables. Une seconde section aborde le potentiel afin de montrer l'écart existant entre la situation actuelle et les perspectives d'utilisation des ER, même dans l'hypothèse d'une exploitation future partielle de ce potentiel.
- Le troisième chapitre est consacré aux stratégies de développement des ER, et met en exergue les plans de développement dans ce domaine.
- Le quatrième chapitre traite des instruments et mécanismes de promotion des ER. Il analyse le cadre législatif, réglementaire et financier puisque la dimension institutionnelle et les mécanismes de financement sont des déterminants essentiels du développement à grande échelle des ER. Une seconde section aborde la recherche-développement (R&D) qui constitue un instrument fondamental pour un développement durable endogène des ER.

² Cette étude concerne aussi bien le Soudan que le Soudan du Sud nouvellement indépendant. L'absence de statistiques concernant chaque pays ne permettait pas de traiter les deux pays séparément.

- Le cinquième chapitre se focalise sur les synergies et les partenariats intra-régionaux, mais également entre les pays de la région et les partenaires du Nord qui peuvent offrir lors de cette phase de déploiement des ER, des opportunités en matière de transfert technologique et de mobilisation des ressources financières.
- Le sixième chapitre aborde la question de l'efficacité énergétique qui constitue un volet fondamental d'une croissance énergétique minimisant les émissions de gaz à effet de serre et rentable économiquement. En fait, l'efficacité énergétique est certainement l'investissement le plus rentable dans les politiques de maîtrise de la demande. Le septième et dernier chapitre traite des barrières et fait des recommandations pour un développement accéléré des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique au sein de l'espace nord-africain.

Une conclusion fait le point sur la situation actuelle des énergies renouvelables en Afrique du Nord, mais aussi sur l'avenir de ces énergies propres au sein de la région. Elle fait ressortir les opportunités et les grandes avancées, ainsi que les besoins en matière de stratégie de développement, d'instruments législatifs et de mécanismes financiers et de coopération.

Chapitre 1

DES TENDANCES MONDIALES RECENTES ET SIGNIFICATIVES

L'histoire de l'économie politique de l'énergie montre que depuis la découverte des hydrocarbures en 1859, la scène énergétique mondiale a été caractérisée par des transitions énergétiques marquées par le passage à des sources d'énergie dont les coûts marginaux sont plus bas et/ou offrant des services plus diversifiés et un confort d'utilisation accru. Ainsi s'explique la transition du charbon, forme d'énergie solide, aux hydrocarbures liquides et gazeux pour un grand nombre d'usages. Il convient de remarquer que le charbon minéral continue d'occuper une place importante dans les bilans énergétiques de plusieurs pays, surtout en Asie, pour la production d'électricité du fait des réserves prouvées³ très importantes et des coûts de production relativement bas si l'on fait abstraction de l'impact environnemental. Selon l'économiste Jeremy Rifkin, après la vapeur au 19^{ème} siècle, le moteur à explosion et la télétransmission au 21^{ème} siècle, la troisième révolution industrielle, actuellement en cours selon cet auteur, sera fondée sur la combinaison des énergies renouvelables et de la communication en réseaux dématérialisés⁴.

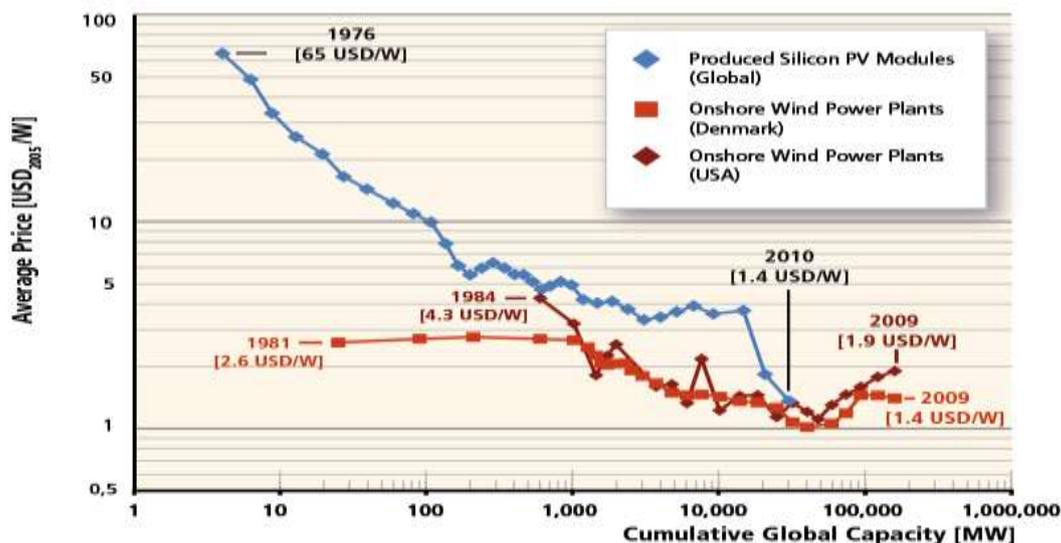
Outre le fait qu'elles soient non renouvelables, les ressources fossiles, plus particulièrement le charbon, ont un impact sur le réchauffement climatique plus important que celui des ER. Un développement énergétique durable suppose le recours à des formes d'énergies renouvelables faiblement émettrices de gaz à effet de serre. Cette tendance historique pourrait être accélérée du fait du changement fondamental, depuis le début des années 1970, du rapport de forces entre les pays producteurs et les grandes firmes multinationales pétrolières. Un facteur important a été la hausse considérable des prix nominaux du pétrole brut, mais également la diminution du ratio réserve/production- au moins pour le pétrole brut- du fait du non renouvellement à l'identique des réserves mondiales. Cette tendance, couplée aux incertitudes de l'électronucléaire et à l'impact sur le changement climatique, a fortement favorisé le développement des énergies renouvelables. Celles-ci continuent de connaître des taux de croissance remarquables pour certaines filières, et une baisse des prix significatives liées d'ailleurs à la croissance de la demande. Cette dynamique a ouvert de nouvelles perspectives.

³ La Chine et l'Inde détiennent respectivement 13,3 % et 7% des réserves prouvées mondiales de charbon et des ratios réserves/production de 35 ans et 106 ans. British Petroleum statistical review of world energy, June 2011

⁴ Rifkin, J. The Third Industrial Revolution: How Lateral Power is Transforming Energy, the Economy, and the World, Palgrave Macmillan, 2011.

Les coûts de production et les prix de marché du photovoltaïque ont considérablement baissé au cours de ces cinq dernières années, et sont désormais proches du seuil de rentabilité par rapport aux énergies fossiles pour les applications décentralisées, et à un degré moindre pour le centralisé (figure 1).

Figure 1: Evolution des prix du PV, de l'éolien et des capacités de production 1976-2009⁵



Entre 1976 et 2010, le prix moyen du Watt photovoltaïque au niveau mondial a chuté de 65 à 1,4 dollars, soit un facteur supérieur à 46, alors que celui de l'éolien on shore au Danemark a baissé de 2,6 dollars en 1981 à 1,4 dollars en 2009, soit un facteur de 1.85.

Les politiques des pouvoirs publics ont fortement contribué aux résultats atteints par cette filière dans plusieurs pays de l'Union Européenne (surtout en Allemagne et en Italie). C'est ainsi qu'avec un total de 51 GW de capacité installée d'ici la fin de l'année 2012, l'UE représente près des trois quarts du total de la capacité mondiale de PV installée, et dispose d'assez d'énergie solaire photovoltaïque en fonctionnement pour répondre à la demande d'électricité de plus de 15 millions de foyers européens. La Chine a fait un bond de la 8^{ème} à la 6^{ème} place mondiale avec un marché qui a presque quadruplé en 2011, portant sa capacité à 3,1 GW.⁶

L'éolien, grâce aux politiques de tarifs de rachat "feed in tariff" a connu des taux de pénétration importants dans les bilans énergétiques des pays de l'Union Européenne. Il représente 24% de la capacité électrique totale provenant d'énergies renouvelables qui est de l'ordre 174 GW (hors hydro-électricité).

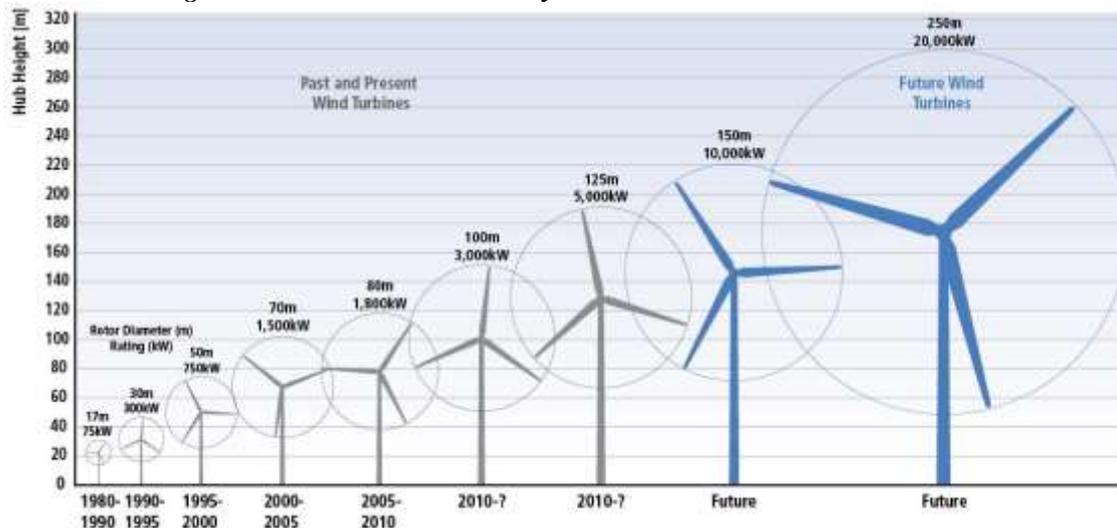
⁵ IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change, Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation, Special Report of the IPCC, Cambridge University Press, 2011.

⁶ REN21, Renewables 2012 Global Status Report, 2012, p47

La Chine représente actuellement, au niveau mondial, le parc installé le plus important en énergies renouvelables avec 70 GW (si l'on exclut l'hydro-électricité et la biomasse), suivi de près par les Etats-Unis (68 GW) et l'Allemagne (61 GW).⁷

L'année 2011 a été marquée par une étape historique importante pour l'Espagne dont la production d'énergie éolienne pour le mois de mars a atteint 4.738 GW et a dépassée celle générée par les énergies fossiles. Le tarif de rachat est d'ailleurs en train d'être révisé car les résultats escomptés ont été atteints plus tôt que prévu. Cette progression remarquable de l'éolien s'explique par la disponibilité de sites très favorables dans les pays du Nord et les progrès technologiques qui ont permis des économies d'échelle résultant de la taille des unités disponibles sur le marché. La capacité moyenne d'une unité éolienne est passée de 750 kW au cours de la période 1995-2000 à 1800 kW au cours de la période 2005-2010 (figure 2). Il est prévu dans le futur proche des tranches unitaires de plus de 5000 kW.

Figure 2: Evolution de la taille moyenne unitaire des centrales éoliennes⁸



Les technologies solaires: analyse comparative

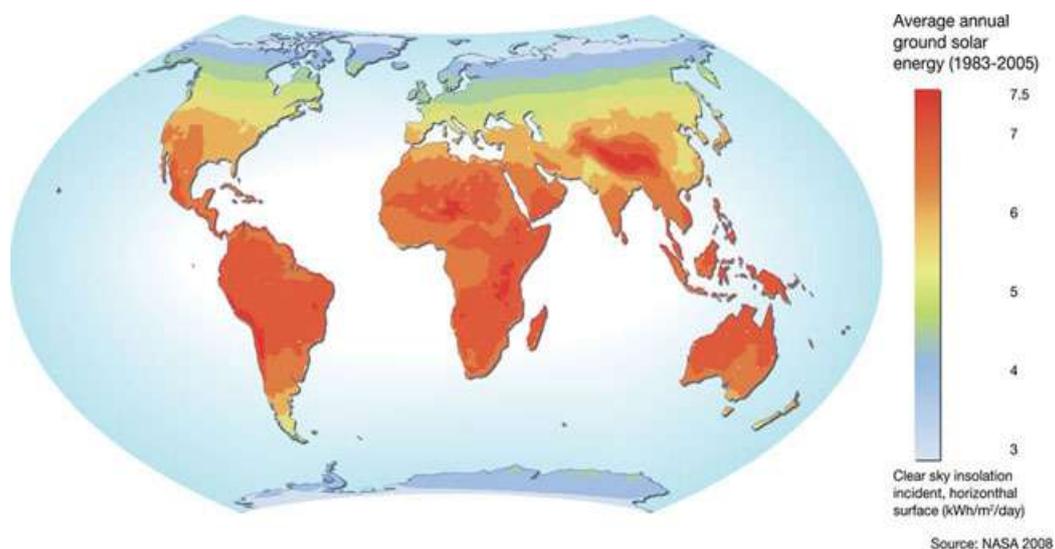
Jusqu'au début des années 2000, le marché du solaire pour la production d'électricité était dominé par le photovoltaïque. Des études récentes et concordantes menées par des fondations ou des groupes privés montrent que les centrales solaires à concentration (concentrated solar power: CSP) disposent d'un avantage comparatif à long terme pour la production d'électricité à grande échelle, même si les coûts de production actuels restent assez élevés.

⁷ REN21, Renewables 2012 Global Status Report, P24-25, 2012

⁸ IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change, Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation, Special Report of the IPCC, Cambridge University Press, 2011.

Il est indéniable que les CSP font l'objet de stratégies de positionnement des grandes firmes industrielles du Nord, motivées par les perspectives et indicateurs de développement du marché dans la région Afrique du Nord, caractérisée par un potentiel important (figure 3), une demande régionale en forte croissance et la proximité des pays méditerranéens de l'Europe du Sud avec lesquels existe déjà une interconnexion électrique entre le Maroc et l'Espagne. Plusieurs pays d'Afrique du Nord ont, soit déjà réalisé des projets pilotes CSP de grande puissance comme la centrale de Hassi R'mel en Algérie ou celle de Ouarzazate au Maroc (en cours), ou bien programmé des études dont la faisabilité est fort avancée.

Figure 3: Carte mondiale du potentiel solaire



Plusieurs raisons justifient cet intérêt pour la filière CSP par rapport aux autres filières technologiques. Elle constitue une solution intéressante pour les centrales de grande puissance (environ quelques centaines de MW) ; et un seul site peut contribuer de manière significative à la satisfaction d'une grande partie de la demande électrique. Le photovoltaïque (PV) semble plus rentable pour les applications décentralisées, particulièrement dans le cadre de l'électrification rurale dont les coûts de transaction sont relativement élevés. Par ailleurs, l'électrification rurale est quasi achevée dans tous les pays de la région, hormis la Mauritanie et le Soudan, ce qui risque de limiter la croissance du marché du PV. Compte tenu des fortes disparités existantes entre électrification rurale et urbaine, ces deux pays, pourraient en fait combiner différentes formes d'énergies renouvelables telles que l'éolien, surtout dans le cas de la Mauritanie ; et le PV et les résidus agricoles dans le cas du Soudan, pour répondre à la demande électrique rurale centralisée et décentralisée au cours des deux prochaines décennies. Pour les cinq autres pays de la région, le PV, du fait de la baisse accélérée des coûts et des prix, va occuper des niches pour les petites puissances et les applications décentralisées telles que le pompage et les télécommunications, particulièrement pour les sites éloignés du réseau. En milieu urbain, l'intégration du PV dans le bâtiment constitue un potentiel important, mais cela suppose des incitations financières et une politique tarifaire de l'électricité limitant les subventions surtout en Algérie (35% du prix de

l'électricité est subventionné par l'Etat algérien), en Egypte et en Libye (où en 2000, les subventions de l'Etat en faveur de l'électricité s'élevaient à 94%⁹). La filière PV pour la production d'électricité à grande échelle restera marginale, au moins au cours de la prochaine décennie, compte tenu des réalisations et des projets en cours. En revanche, à plus long terme, il est important de suivre l'évolution technologique et économique du PV centralisé qui pourrait constituer une seconde filière pour la production d'électricité à grande échelle, d'autant plus que les coûts de production, et corrélativement les prix de vente de la filière PV ont considérablement baissé ces cinq dernières années. Ainsi les deux filières technologiques (CSP et PV) vont avoir des segments de marché différents.

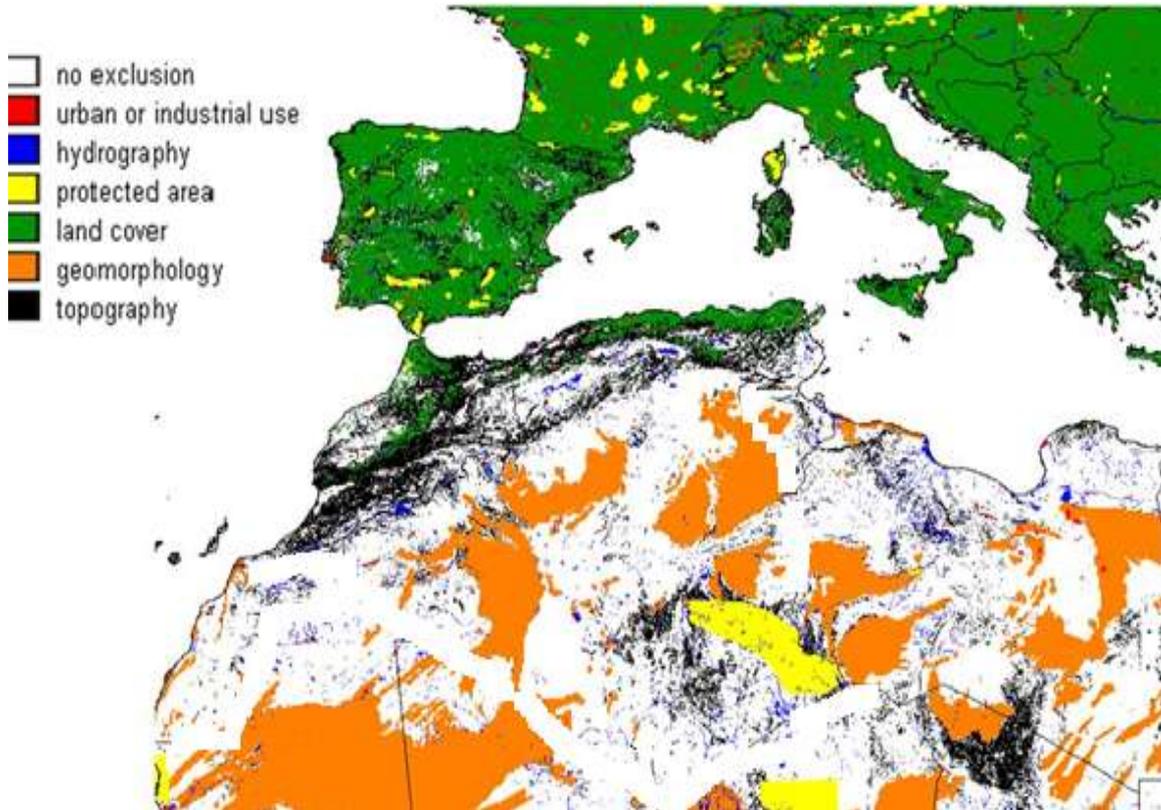
Les autres énergies renouvelables, notamment l'éolien, ont certes un potentiel important- surtout au Maroc, en Egypte et en Mauritanie- mais limité à long terme si l'on tient compte de l'évolution de la demande électrique¹⁰. À titre d'exemple, le potentiel du Maroc est de l'ordre de 7.000 MW, soit environ la capacité totale actuelle installée, ce qui est considérable en 2011, mais relativement faible dans trois décennies même si l'on considère l'off shore. L'éolien peut être assimilé à l'hydraulique. Il s'agit de l'énergie qui est très certainement la plus rentable actuellement et qui contribue déjà à satisfaire une partie de la demande électrique. Cependant, une fois les principaux sites éoliens exploités, les perspectives d'expansion¹¹ deviendront très limitées, ce qui fut le cas de l'hydro-électricité où ne subsistent que quelques niches comme les centrales de pompage ou les micros centrales hydro-électriques. En revanche, les CSP ne sont pas freinées par ce type de contraintes et disposent d'avantages comparatifs remarquables en termes d'occupation des sols, du fait de leur implantation dans des zones désertiques et/ou semi désertiques (figure 4), ainsi qu'en termes de disponibilité de l'énergie (énergie moins intermittente et donc plus sûre, comparativement à l'éolien). Certes, au cours des deux prochaines décennies, dans les pays à fort potentiel éolien (Egypte, Maroc, Tunisie, Mauritanie, et à un degré moindre Algérie), les stratégies de développement des ER devraient intégrer en priorité le développement de l'éolien on shore du fait de sa maturité commerciale, comparée aux autres filières d'énergies renouvelables.

⁹ The Lybian Economy, Wannis Otman and Erling Karlberg, p.346, 2007

¹⁰ Il est très probable qu'au cours des deux prochaines décennies, la plupart des sites éoliens présentant un fort potentiel vont être exploités du fait de leur rentabilité économique et financière.

¹¹ À la différence du solaire le gisement éolien est relativement limité.

Figure 4: Carte d'occupation des sols pour les pays d'Afrique du Nord



Chapitre 2

SITUATION ENERGETIQUE ET POTENTIAL EN ER DE L'AFRIQUE DU NORD

Ce chapitre présente la situation énergétique des pays et, donne l'état des infrastructures régionales existantes, notamment des interconnexions électriques et gazières. Il analyse le potentiel en ER par pays et par source, ainsi que la place des énergies renouvelables dans le mix énergétique. Il souligne également la tendance croissante de la demande en Energie, particulièrement électrique qui devrait croître fortement entre 2011 et 2020.

2.1 Situation énergétique et place des énergies renouvelables: revue par pays

Des disparités en terme de ressources énergétiques

La région Afrique du Nord comprend 7 pays dont 5 (Algérie, Libye, Maroc, Mauritanie et Tunisie) font partie de l'Union du Maghreb Arabe (UMA) et du Comité Maghrébin de l'Electricité (COMELEC). Au plan institutionnel, l'Egypte et le Soudan ne font partie ni de l'UMA, ni du COMELEC. L'Egypte est membre de l'East African Power Pool (EAPP)¹². La région comprend 5 pays exportateurs nets d'hydrocarbures (Algérie, Libye, Egypte, Soudan, et plus récemment la Mauritanie). Ces 5 pays sont dépendants des exportations d'hydrocarbures avec une dépendance extrêmement forte dans le cas de la Libye, de l'Algérie et du Soudan. Au sein de la région, la Mauritanie et le Soudan sont caractérisés par une part importante de la biomasse traditionnelle dans les bilans énergétiques en dépit de leur statut d'exportateur net d'hydrocarbures.

L'Algérie possède de grandes réserves de pétrole et de gaz naturel et dépend largement de ces ressources pour générer des recettes d'exportation. Le secteur du gaz et du pétrole représente 45.9% du PIB algérien. Les exportations totales d'hydrocarbures ont représenté presque 98% du volume total des exportations pour l'année 2007. Avec un chiffre d'affaires à l'exportation de près de 56,1 milliards de US dollars réalisé en 2010 par la compagnie Sonatrach, l'Algérie est le 4^e plus important exportateur de gaz naturel liquéfié (GNL) dans le monde, le 3^{ème} plus grand exportateur de gaz de pétrole liquéfié (GPL) et le 5^{ème} exportateur de gaz naturel¹³.

La Tunisie exporte du pétrole brut (3,5 Mtep/an en 2008), mais importe l'ensemble de ses produits pétroliers. La tendance est celle de la transition d'un pays exportateur net à un pays importateur net, si des découvertes majeures d'hydrocarbures ne sont pas réalisées.

¹² EAPP est un organisme intergouvernemental (9 pays) qui a pour mission de mettre en commun des ressources d'énergie électrique pour fournir une énergie abordable, durable et fiable dans la région Afrique de l'Est.

¹³ <http://www.sonatrach-dz.com/sonatrach-en-bref.html>

Au Soudan, en 2008, les exportations ont atteint 19.5 millions de tonnes équivalent pétrole (Mtep¹⁴) et ont représenté 95 % des exportations totales et 60 % des revenus de l'Etat¹⁵. La structure du bilan énergétique du Soudan montre que sur une consommation finale de 9, 6 Mtep en 2008, la biomasse représentait 6,3 Mtep, soit plus de 65 % de la consommation finale totale.

En Egypte,

Etant donné la taille du marché intérieur, les exportations nettes de pétrole brut ne sont pas très importantes (4,5 M tep en 2008). Les exportations de gaz sont plus importantes avec plus de 14,4 Mtep exportés en 2008 (Agence Internationale de l'Energie, AIE)¹⁶. La production électrique en Egypte est dominée par cette énergie fossile, qui représente environ 87,6% de la production totale d'électricité en 2009¹⁷.

La Libye, l'économie libyenne reste fortement tributaire elle aussi des exportations d'hydrocarbures (avec une réserve pétrolière estimée à 40 milliards de barils et 1.300 milliards de m3 de réserve de gaz naturel¹⁸). En 2050, le cours du baril de l'or noir devrait atteindre en moyenne plus de 200 dollars et il faudra à la Libye environ 70 millions de barils de pétrole par an pour répondre à la demande d'électricité du pays soit un coût d'environ 14 milliards de dollars par an¹⁹.

Le Maroc est fortement tributaire des importations de pétrole et importe 96% de ses besoins en énergies fossiles. Il est aussi le seul pays de la région disposant de centrales électriques au charbon. Ainsi, en 2009 sur une consommation totale de combustibles de 3,6 Mtep, le charbon représentait 2,7 Mtep soit près de 75% de la consommation totale. Ceci s'explique par les coûts de production relatifs plus bas du kWh charbon par rapport aux autres sources d'énergie. En revanche, les émissions de CO₂ sont comparativement beaucoup plus élevées. Ce qui explique, dans une large mesure, que ce pays ait mis en œuvre un important programme de développement des énergies renouvelables, particulièrement dans les filières éolienne et solaire.

En Mauritanie, le bilan énergétique du pays est constitué de plus de 80% de combustibles d'origine forestière qui représentent 87% de la consommation finale énergétique du secteur résidentiel, contre 9% pour le gaz butane, 3,4% pour l'électricité, 0,4% pour le pétrole lampant et une proportion négligeable pour les énergies renouvelables. Au cours de ces dix dernières années, la Mauritanie a fait plusieurs découvertes de ressources fossiles notamment dans les champs de Chinguitti (pétrole, 2001) et de Banda (gaz, 2003). De toutes ces découvertes, seule l'exploitation du champ de Chinguitti est aujourd'hui effective. La Mauritanie prévoit de se doter d'une centrale électrique alimentée au gaz naturel à partir des réserves importantes du champ de Banda. La centrale d'une capacité de 350MW devrait être mise en

¹⁴ World Energy Outlook, Source Bilans énergétiques, AIE, 2011

¹⁵ Reegle, 2011. Sudan. <http://www.reegle.info/countries/SD> (IMF Data)

¹⁶ World Energy Outlook ,2011

¹⁷ Egyptian Electric Holding Company (EEHC),2009

¹⁸ Prospects of Renewable Energy in Libya, Ibrahim Saleh, 2006 p.154

¹⁹ Prospects of Renewable Energy in Libya, Ibrahim Saleh, 2006 p.154

service en 2014. Son coût total est estimé à environ 700 millions de dollars. L'électricité sera utilisée pour la production minière ainsi que pour la consommation domestique ; et l'excédent pourrait éventuellement être exporté aux pays voisins, le Sénégal et le Mali par exemple.

Des flux énergétiques marginaux

Les échanges d'énergie au sein de la région sont marginaux comparativement au potentiel. Certes, il existe des interconnexions électriques et gazières au sein de la quasi-totalité des pays (sauf pour la Mauritanie) de la région ; mais dans le cas du gaz naturel, les flux à partir de l'Algérie sont destinés au marché des pays de l'Union Européenne, alors que dans le cas de l'électricité, les échanges restent relativement limités avec un objectif d'équilibre des importations et des exportations. En l'absence de conditions favorables au développement d'un marché concurrentiel, la coopération énergétique régionale va rester marginale. Les flux électriques et surtout gaziers sont dans leur majeure partie destinés à des consommateurs finaux extérieurs à l'espace nord africain (Figure 5).

Figure 5: Interconnexions gazières: Afrique du Nord-Union Européenne



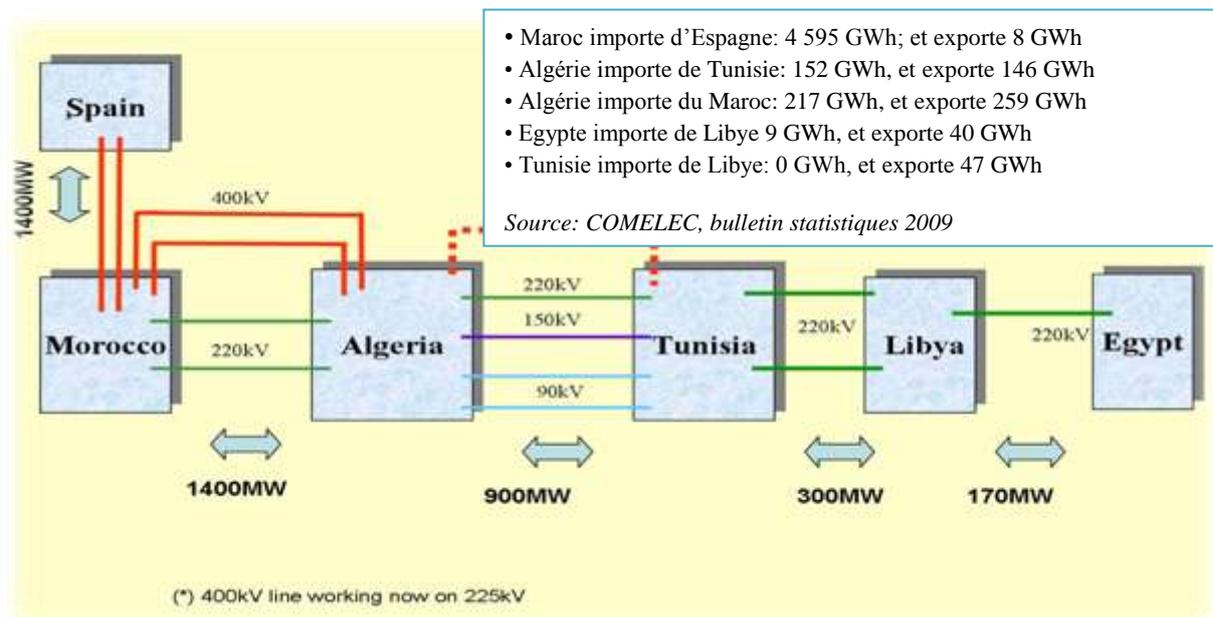
Il existe quelques contrats gaziers bilatéraux mais leur part dans les flux totaux reste marginale. À titre d'exemple, selon un accord commercial signé en août 2011 à Alger entre la Sonatrach, groupe public algérien, et l'Office National de l'Electricité marocain (ONE), l'Algérie fournira quelques 640 millions de m³ de gaz par an au Maroc pendant 10 ans. Le gaz est destiné à l'alimentation de deux centrales thermiques de l'ONE (Ain Beni Mathar: 470 MW et Tahaddart: 385 MW). Il sera acheminé par le gazoduc Maghreb-Europe (aussi connu sous le nom de gazoduc Pedro Duran Farell, GPDF) qui relie

l'Algérie à l'Espagne via le Maroc²⁰. Le Maroc bénéficiait déjà de livraisons de gaz dont la valeur équivaut au coût du droit de passage du gazoduc sur son territoire.

La situation n'est guère différente dans le domaine de l'électricité où, en dépit des interconnexions électriques, les échanges entre pays de l'Afrique du Nord restent très faibles. En fait, les principaux flux électriques sont principalement réalisés entre le Maroc et l'Espagne.

Le schéma ci-dessous symbolise les différentes interconnexions et échanges d'électricité qui s'opèrent dans la région Afrique du Nord.

Figure 6: Interconnexion des réseaux dans les pays de la région et échanges régionaux d'électricité



La place des Energies Renouvelables

Actuellement la part des énergies renouvelables dans la consommation finale, hors hydro électricité et biomasse traditionnelle, est marginale même si l'on note une évolution significative au cours de ces cinq dernières années.

L'analyse des capacités électriques installées, hors hydro-électricité dans la région, montre que la contribution des énergies renouvelables provient essentiellement des centrales éoliennes, connectées au réseau installées en Egypte, au Maroc et en Tunisie (Tableau 1). Il convient aussi de tenir compte des installations décentralisées, plus particulièrement photovoltaïques, pour les besoins des ménages, (télé-

²⁰ Marchés tropicaux et méditerranéens, <http://www.mtm-news.com/article/3526/accord-commercial>.

communication, éducation etc.) qui certes, ne constituent qu'une faible part de la capacité totale en ER, mais dont la contribution à la qualité de vie des zones rurales est essentielle. Compte tenu de l'éloignement de ces zones par rapport au réseau de transport et d'approvisionnement en combustibles fossiles et aussi de la faible densité de la population en milieu rural, les options énergétiques renouvelables décentralisées ont un avantage comparatif par rapport aux autres formes d'électrification rurale, y compris le diesel.

Le tableau suivant donne de manière quantitative la composition du parc électrique de chaque pays concerné par l'étude et y intègre le pourcentage d'énergies renouvelables utilisées pour la production d'électricité (2009).

Tableau 1: Structure du parc électrique et part des ER en 2009 (MW)

	Algérie	Egypte	Libye	Maroc	Mauritanie	Tunisie	Soudan
Centrales thermiques	11099	21435	6273	4166	104	3359	919
Hydraulique	228	2800	-	1748	3022	66	1590
%	2%	11,3%	-	28,5%	4%	1,9%	63%
Autre ER (éolien)	-	490	-	222	-	55	-
	-	(1,9%)	(0,21)	(3,6%)	-	(1,6%)	-
Total	11325	24726	6273	6135	134	3480	2509
% ER	2%	13,2%	<0,2%	32,1%	22,4%	3,5%	

Sources: COMELEC, bulletin statistique 2009 pour les pays de l'UMA, Egyptian Electricity Holding Company, Arab Union of Electricity (Soudan).

La part de l'hydro-électricité ne va que faiblement augmenter dans la mesure où les principaux sites ont déjà été mis en valeur, excepté au Soudan, dont le potentiel considérable n'est que très partiellement exploité. Pour les autres pays, il existe un potentiel de petites centrales hydro-électriques (micro et mini centrales), surtout au Maroc²¹ qui va certes contribuer à une meilleure couverture des besoins énergétiques des populations rurales, mais dont l'impact au plan quantitatif restera marginal. En revanche, les autres énergies renouvelables notamment l'éolien et le solaire -dont les centrales solaires thermiques à concentration CSP (Concentrated Solar Power) - vont connaître une progression remarquable au cours des deux prochaines décennies. Cela s'est déjà traduit par la mise en service récente de grandes centrales pilotes hybrides gaz naturel-solaire en Algérie, en Egypte et au Maroc, ainsi que par une augmentation substantielle du parc éolien en Egypte et au Maroc.

La Mauritanie et le Soudan, présentent des bilans énergétiques où la part de la biomasse traditionnelle (bois de feu, charbon de bois, résidus agricoles) est relativement importante. Toutefois, l'efficacité énergétique des différents segments de la filière (production, transformation et consommation) est très

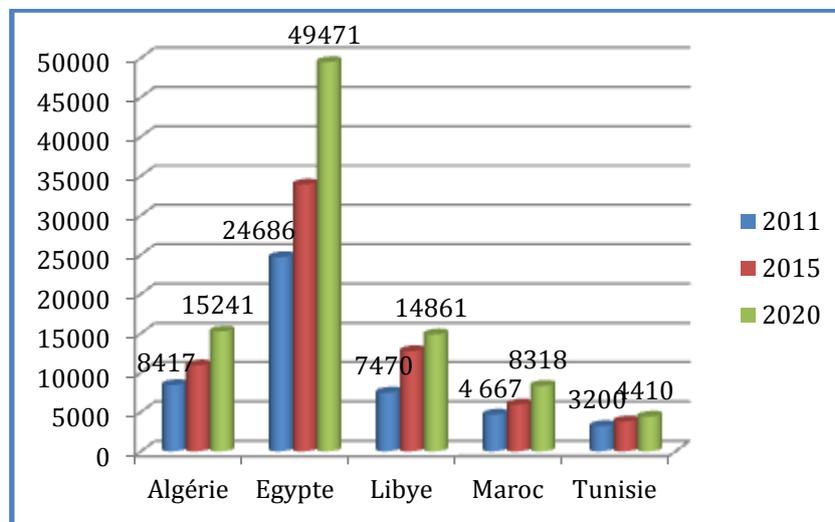
²¹ Il convient de remarquer que le Maroc dispose d'un potentiel significatif pour des centrales hybrides (hydro-électricité-éolien) de pompage.

faible, ce qui se traduit par des émissions de CO₂ par unité élevées. On soulignera également l'impact de la pollution intérieure résultant de la cuisson et les effets exercés sur la santé des femmes et des enfants. L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) et le Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD) estiment qu'environ 1,6 millions de femmes et d'enfants notamment, meurent chaque année des effets de la pollution intérieure de l'air²².

Une demande prévisionnelle en augmentation

Tous les pays de la région vont connaître une augmentation considérable de la consommation d'énergie et plus particulièrement de la demande d'électricité à l'horizon 2020 (figure 7). Selon les prévisions de l'Union Arabe de l'Electricité, la demande maximum²³ d'électricité va connaître des taux de croissance dans tous les pays de la région entre 2011 et 2020. La demande d'énergie électrique en Egypte, qui dispose déjà des capacités installées les plus importantes de la région, devrait doubler au cours de cette période. En Algérie, les niveaux des besoins en gaz naturel du marché national seraient de l'ordre de 45 milliards de m³ en 2020 et 55 milliards de m³ en 2030. À ces besoins s'ajoutent les volumes dédiés à l'exportation dont les revenus contribuent au financement de l'économie nationale. Au Maroc, le développement a entraîné une croissance soutenue de la demande énergétique primaire de l'ordre de 5 % par an en moyenne et de 6.5% pour l'électricité. Il est attendu que la demande en énergies primaires double d'ici 2020 et triple d'ici 2030 ; et que la demande en électricité quadruple à horizon 2030.

Figure 7: Evolution de la demande électrique dans des pays de la région 2011-2020²⁴



²² OMS-PNUD, indoor air-pollution, the killer in the kitchen.

<http://www.who.int/mediacentre/news/statements/2004/statement5/en/index.html>

²³ Ces statistiques concernent la demande et non pas les capacités installées qui sont supérieures à la demande.

²⁴ Source Union Arabe de l'Electricité, <http://auptde.org>

La Mauritanie et le Soudan devraient également connaître des taux de croissance élevés à l'horizon 2020 du fait des faibles capacités actuelles et du statut d'exportateur net d'hydrocarbures de ces deux pays. En Mauritanie, un renforcement du parc électrique pour atteindre 175 MW serait nécessaire pour satisfaire la demande future à l'horizon 2020.

2.2 Potentiel en Energies Renouvelables: la situation par filière et par pays

Tous les pays de la région disposent d'un potentiel en ER suffisant pour couvrir la quasi-totalité des besoins de la demande actuelle et prévisionnelle à long terme, notamment les différents services fournis par l'électricité (éclairage, climatisation, chauffage, télécommunications, transport ferroviaire électrique etc.). Le solaire constitue le gisement le plus important. A très long terme, cette forme d'énergie devrait être prépondérante dans les bilans énergétiques de la région Afrique du Nord et très probablement de la plupart des autres régions du continent africain. Ceci est conforté par le potentiel comparatif des différents gisements, le développement technologique et les réalisations, projets et programmes en cours.

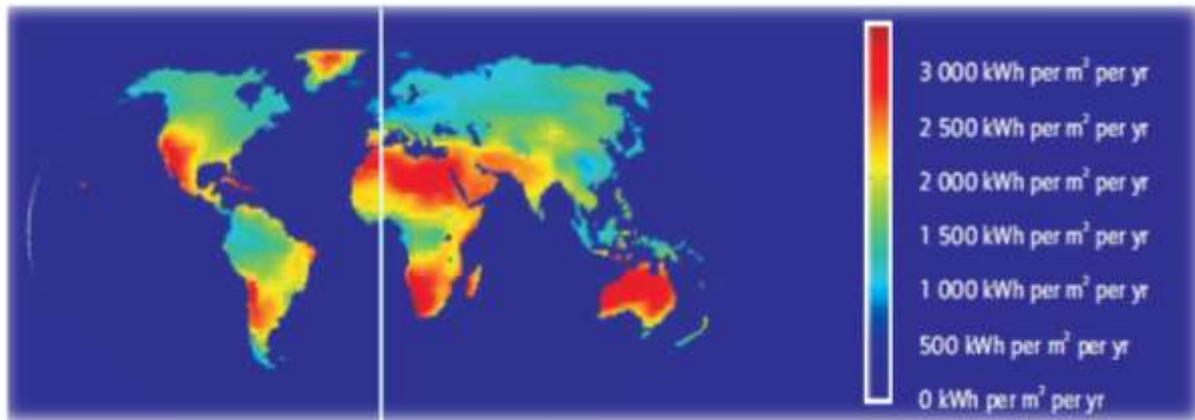
Le niveau du potentiel en ER mobilisable, ainsi que celui déjà mobilisé, varient selon les pays. Ainsi, une grande partie du potentiel hydro-électrique est déjà exploitée en Algérie, en Egypte, au Maroc et en Tunisie, alors que le Soudan dispose encore d'un potentiel très important. En Mauritanie, l'hydroélectricité devrait contribuer pour 13% dans le mix énergétique en 2015²⁵. Dans tous les pays de la région, la contribution des ressources solaires et éoliennes aux bilans énergétiques est marginale, bien que l'Egypte, le Maroc et -à un degré moindre la Tunisie et l'Algérie - aient mis en place des programmes de développement à grande échelle de ces deux formes d'énergie primaire.

2.2.1 Potentiel solaire

Tous les pays de la région sont dotés d'un potentiel solaire considérable, comme l'illustre la carte suivante (figure 8), suffisamment important pour les applications basses températures (chauffe-eau solaire), séchage, photovoltaïque ainsi que pour la réalisation de CSP qui exigent, pour être rentables, une irradiation importante pendant de longues périodes. Les rendements beaucoup plus élevés au Sahara, l'importance des superficies et la quasi absence de compétition avec des usages concurrents, notamment avec l'agriculture, expliquent l'intérêt de l'exploitation à grande échelle du potentiel saharien au niveau national mais aussi international en vue de l'exportation.

²⁵ Table ronde pour la Mauritanie, Perspectives et Potentiel du Secteur de l'Electricité, Bruxelles 22-23 juin 2010

Figure 8: Importance du potentiel solaire en Afrique du Nord et dans le monde. Irradiation directe: DNI)²⁶



En **Algérie**, l'ensoleillement annuel moyen est évalué à 2000 heures, avec une moyenne d'ensoleillement de 6,57 kWh/m²/jour. Avec un territoire composé de 86% de désert saharien et de par son positionnement géographique, l'Algérie possède le champ solaire le plus important au monde²⁷. Si on devait comparer le solaire au gaz naturel, le potentiel solaire algérien est équivalent à un volume de 37 000 milliards de mètres cubes, soit plus de 8 fois les réserves de gaz naturel du pays, à la différence que le potentiel solaire est renouvelable, contrairement au gaz naturel.²⁸

Le tableau suivant donne le potentiel solaire algérien en chiffres et selon la localisation.

Tableau 2 : Potentiel solaire algérien en durée d'ensoleillement et en énergie reçue (moyenne)

	Régions côtières	Hauts plateaux	Sahara
Superficie (%)	4	10	86
Durée moyenne ensoleillement (h/an)	2650	3000	3500
Energie moyenne reçue (kWh/m ² /an)	1700	1900	2650

Source: d'après NEAL²⁹

En **Egypte**, l'atlas solaire publié en 1991 indique une irradiation solaire de l'ordre de 2000 à 3200 kWh/m²/an du nord au sud avec un ensoleillement moyen de 9 à 11 heures par jour et très peu de nuages³⁰. L'Egypte dispose du plus grand potentiel économique d'énergie solaire d'Afrique du Nord et en 2005, elle avait le 4^{ème} plus gros potentiel de CSP de la région Méditerranéenne³¹.

²⁶ IEA, technology road map, concentrating solar power, 2010

²⁷ PWMSP, Country Report Algeria, p.13, 30 novembre 2011

²⁸ Ambassade de Belgique, Mission Economique « L'essentiel de l'activité économique en Algérie », p.4, 2010

²⁹ http://www.neal-dz.net/index.php?option=com_content&view=article&id=150&Itemid=132&lang=fr

³⁰ New and Renewable Energy Authority, annual report 2008-09

³¹ PWMSP, Benchmarking, County Report Egypt p.16, Novembre 2011

En **Libye**³², le potentiel solaire est de l'ordre 7,5 kWh/m²/j dans les zones les plus favorisées, avec 3000 à 3500 heures d'ensoleillement par an. La mobilisation de ce potentiel ne devrait pas poser de problèmes de compétition quant à l'utilisation des terres car le désert représente environ 88 % du pays.

Au **Maroc**, le potentiel est également considérable, d'une capacité de 20.000 MW, avec plus de 3000 h/an d'ensoleillement³³, soit une irradiation de ~ **5 kWh/m²/jour**.

La **Mauritanie** dispose de conditions d'ensoleillement parmi les plus favorables de la planète. Elle reçoit plus de 3.000 heures d'ensoleillement par année. Le rayonnement solaire direct pour l'ensemble du pays est estimé à 78%. Cependant, c'est dans la région Nord-est du pays et à l'Est de la zone côtière que la part de rayonnement direct est la plus élevée, soit environ 90% (surtout dans les zones du plateau de l'Adrar du Tagant et des Hodhs). Le potentiel est estimé à 4-6,5 kWh/m²/jour avec un ensoleillement moyen de 8 heures par jour. Des pointes de 9,3 kWh/m²/j au Nord (Bir Moghreïn) et 7,9 kWh/m²/j au Sud (Rosso) ont été enregistrées.

Au **Soudan** le rayonnement solaire moyen est de l'ordre de 6,1 kWh/m²/jour, indiquant un potentiel élevé pour l'utilisation d'énergie solaire.

La **Tunisie** dispose d'un gisement solaire important surtout dans les zones du sud avec un indice d'irradiation direct qui varie en moyenne de 2 kWh/m²/j à l'extrême nord, à 6 kWh/m²/j dans les zones de l'extrême sud.

2.2.2 *Potentiel éolien*

Bien que tous les pays disposent d'un potentiel non négligeable, les sites les plus intéressants et les plus importants se trouvent en Egypte, au Maroc et en Mauritanie.

En **Algérie**, le potentiel éolien est relativement modéré, les vitesses du vent varient entre 2 et 6 m/s. Ce potentiel énergétique est idéal pour pomper l'eau dans les Hauts Plateaux, mais il est marginal pour les grands projets commerciaux. Les sites prometteurs sont situés dans la région de l'Adrar, au sud, au nord-ouest d'Oran, la région s'étendant de Meghres à Biskra à l'Est et d'El Kheïter à Tiaret à l'ouest. Un certain nombre de sites, le long de la côte, ont des vitesses moyennes de vent supérieures à 5 m/s, s'élevant à plus de 8,5 m/s à 80m.

En **Egypte**, deux Atlas sur l'énergie éolienne englobant les pays du Golfe ont été publiés en 1993 et 2003 avant qu'un Atlas éolien de l'Egypte ne soit publié en 2005. Plusieurs régions, favorables aux centrales éoliennes de grande puissance, ont été identifiées surtout celle du Golfe de Suez et des zones

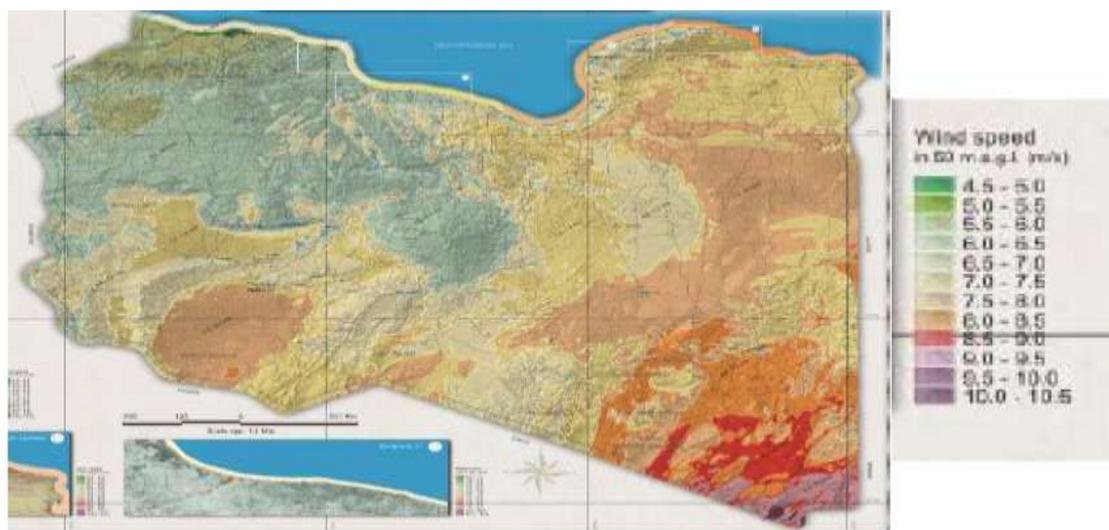
³² Base de données REEGLE, <http://www.reegle.info/countries>, (Nations Unies, Banque Mondiale)

³³ Source: MASEN. Il s'agit d'un potentiel, comme d'ailleurs pour les autres pays, qui peut varier en fonction des filières technologiques utilisées (PV, CSP) et du progrès technologique

de part et d'autre du Nil ainsi que le Sinaï³⁴. L'Égypte bénéficie ainsi d'un potentiel pouvant accueillir 20 000 MW de capacité installée de fermes éoliennes³⁵, ce qui n'est pas loin de la capacité électrique déjà installée (24 726 MW en 2010).³⁶ Selon la compagnie égyptienne d'électricité³⁷, quelques 7200 MW pourraient être mobilisés d'ici 2020.

En **Libye**, l'atlas éolien réalisé en 2004 (figure 9)³⁸, indique des vitesses de vent se situant entre 6 et 7,5 m/s ce qui est suffisant pour des centrales de grande puissance. Il existe plusieurs sites intéressants le long des côtes dont Dernah, avec des vitesses moyennes d'environ 7,5 m/s.

Figure 9: Atlas éolien de la Libye



Le **Maroc** dispose d'un potentiel estimé à près de **25000 MW** sur l'ensemble du territoire et de l'ordre de 6000 MW³⁹ sur les sites étudiés, en particulier le long des zones côtières. Pour les sites les plus favorables, les vitesses moyennes de vent sont supérieures à 6 m/s. A 40 mètres de hauteur dans certaines régions (comme Tanger, Essaouira, Tetouane), les vitesses moyennes des vents varient de 9,5-11 m/s.

La **Mauritanie** est l'un des 15 pays identifiés par HéliMAX⁴⁰ comme ayant les meilleures ressources éoliennes en Afrique, avec des vents de 5-6 m/s pour la plupart des régions, des vitesses plus faibles de 4-5 m/s dans le nord-est et les parties du sud, et un gisement important de 6-7 m/s sur la côte ouest de

³⁴ Egypt, New and Renewable Energy Authority, annual report 2008-09

³⁵ UbiFrance, fiche de synthèse, « Secteur des énergies renouvelables en Égypte » 2009

³⁶ PWMSP, Country Report Egypt, Novembre, 2011

³⁷ Egyptian Electricity Holding Cy, annual report 2009/10

³⁸ Communication de Ekhlal, M.A, REOAL, Renewable Energy in Libya, Réunion d'experts, UNECA, Le secteur des énergies renouvelables en Afrique du Nord: situation actuelle et perspectives Rabat, Rabat, 12-13 janvier 2012

³⁹ Source Ministère énergie, Maroc.

⁴⁰ Bureau d'études canadien spécialisé en énergie éolienne.

l'Atlantique. Outre la faisabilité de centrales connectées au réseau, les petits projets d'énergie éolienne pour les zones isolées, généralement éloignées du réseau, constituent un intérêt évident compte tenu du faible taux d'électrification rurale (de l'ordre de 3-4%).

Au **Soudan**, les vitesses moyennes du vent sont estimées à 3-6 m/s, et des vitesses plus élevées ont été enregistrées le long de la côte de la mer Rouge. L'énergie éolienne au Soudan est actuellement utilisée pour le pompage de l'eau provenant de puits profonds et peu profonds, pour fournir de l'eau potable et pour l'irrigation.

La **Tunisie** a publié fin 2009, un Atlas éolien très détaillé qui a nécessité l'installation, pendant une année, d'instruments de mesure de vent à hauteur de 20 et 40 mètres dans 17 sites différents du pays, hormis l'exploitation des statistiques collectées par l'Institut National de Météorologie dans ce domaine.

Figure 10: Potentiel éolien en Tunisie⁴¹



- *Bons vents (vitesse > 7m/s à 60m): secteurs Nord et côte du nord-est: Bizerte et Nabeul, partie centrale du pays: Kasserine, sud-est: Medenine, Gabes.*
- *Très bons sites (vitesse > 8m/s à 60m) peuvent être localisés à l'intérieur des secteurs précédents.*
- *Sites intéressants (vitesse > 6.5 m/s à 60m): secteurs Est de Tozeur, de Kebili et de Tataoline, côte Est de Medenine, région de Monastir.*

2.2.3 Potentiel hydro-électrique

Le potentiel le plus important se trouve au Soudan, en Egypte et à un degré moindre au Maroc ; mais dans ces deux derniers pays, ainsi que dans les trois autres pays d'Afrique du Nord (Algérie, Mauritanie, Tunisie), le potentiel a été en grande partie déjà réalisé. Seul le Soudan dispose de capacités importantes qui pourraient contribuer à accroître, à moyen terme, la part des ER dans le bilan électrique du pays.

⁴¹ Nafaa Baccari, ANME, Opportunités de développement de l'électricité éolienne connectée au réseau en Tunisie. Potentiel éolien en Tunisie et programme national d'autoproduction électrique à partir de l'énergie éolienne, atelier à Tunis, 17 et 18 mai 2011.

En **Algérie**, en **Mauritanie** et en **Tunisie**, le potentiel non exploité est limité. Il existe néanmoins de modestes capacités qui pourraient être développées.

L'**Algérie** compte plusieurs barrages sur les rives algériennes, mais elles sont utilisées essentiellement pour l'irrigation et l'eau potable, la production d'électricité est limitée. La part de la capacité hydraulique dans la production électrique est de 5% soit 286 MW.

La **Mauritanie** dispose depuis 2002 de 15% de l'énergie produite par la centrale hydroélectrique du barrage de Manantali implanté sur le fleuve Sénégal (puissance installée de 200MW et un productible moyen annuel de 800 GWh). Cette centrale é été réalisée dans le cadre du projet Energie de l'Organisation pour la Mise en Valeur du fleuve Sénégal (OMVS).

Au **Maroc**, la contribution de l'hydro-électricité conventionnelle est significative avec 26 centrales totalisant une puissance de 1.265 MW en 2007⁴². Cette contribution a pu être augmentée grâce à la réalisation de stations de pompage pour lesquelles des capacités potentielles sont encore disponibles dans le cadre de stations hybrides. Il existe également un potentiel pour la mise en œuvre de micro centrales hydro-électriques, quelques 200 sites ont déjà été identifiés, et pourraient ainsi mieux contribuer aux besoins énergétiques des zones isolées. Cependant, au plan quantitatif, même si toutes les micros centrales sont réalisées, leur part dans le bilan électrique restera marginale.

L'**Egypte** dispose d'un potentiel hydro-électrique important mais déjà en grande partie exploité. En effet, l'hydro-électricité représente 2.800 MW sur un total de 24.726 MW⁴³, soit 11,3% de la capacité totale installée en 2010. La part relative de l'hydro-électricité aura ainsi tendance à diminuer compte tenu de l'augmentation des capacités à partir des énergies fossiles, et des autres énergies renouvelables.

Au **Soudan**, le potentiel hydro-électrique est estimé à 4.920 MW ; ce qui représente près du double de la capacité électrique totale installée en 2009. Seulement 10% de la puissance hydro-électrique est actuellement utilisée. Plus de 200 sites favorables ont été répertoriés le long du Nil Bleu et du Nil principal. Le potentiel total de mini-centrales hydro-électriques est estimé à 67 GWh/an pour la région sud du pays.

Le barrage de Merowe ou le « Merowe Multi-Purpose Hydro Projet » (Projet hydraulique à but multiple de Merowe) d'une capacité de 1.250 MW est le plus grand projet hydroélectrique contemporain en Afrique. Situé dans la ville de Merowe, dans le nord du Soudan, son objectif principal est de fournir de l'électricité pour la population croissante du pays avec une production annuelle qui peut s'élever jusqu'à 6.000 GWh. Le barrage a été construit sur la quatrième cascade du Nil entre 2003 et 2009 par Lahmeyer International, un cabinet-conseil allemand en ingénierie; deux sociétés chinoises, la China International Water and Electric Corp et la Harbin Power Engineering Co; ainsi que la société énergétique française, Alstom. Il a été financé par le gouvernement soudanais, la China Import Export Bank et les banques et organisations de développement arabes pour un coût de 2 milliards de dollars.

⁴² Source: Ministère Energie, Maroc

⁴³ Egyptian Electricity Holding Cy, annual report 2009/10

La Libye, par rapport à ses voisins d’Afrique du Nord, possède un secteur d’hydroélectricité très peu développé. Cela est principalement dû à l’absence de ressources disponibles dans le pays pour le développement de cette source d’énergie. Il n’existe aujourd’hui aucun plan pour l’exploitation de l’hydroélectricité. Les plans visant à développer une installation hydroélectrique sur la grande rivière artificielle n’ont pas abouti⁴⁴.

2.2.4 Potentiel en biomasse

La part de la biomasse dans les bilans énergétiques de l’Algérie, de l’Egypte et de la Libye est négligeable. En Mauritanie, si la biomasse occupe une part importante dans le bilan énergétique et l’économie du pays, sa productivité est à la baisse compte tenu de la forte surexploitation des ressources forestières.

Seul le Soudan dispose d’un potentiel important pour la production de biomasse énergie, y compris les résidus végétaux qui grâce à la cogénération, représentent les capacités électriques renouvelables installées les plus importantes, hors hydro-électricité. Elles sont estimées à 55,5 MW⁴⁵ et concernent l’autoproduction d’électricité des industries sucrières. Il est d’ailleurs prévu une augmentation des capacités de production à partir de cette filière. Hormis la biomasse forestière, il faut aussi souligner l’importance des biomasses non forestières comme celles des municipalités, du secteur agricole et de l’industrie qui peuvent représenter un potentiel insoupçonné de production d’énergie comme le montre le tableau 3.

Tableau 3: Biomasse⁴⁶ non forestière au Soudan

Résidus	Quantités: Millions tonnes	% énergie
Agriculture		
Coton	292	8
Dura	6838	3
Mil	2381	2,5
Coques d’arachide	2230	6
Résidus animaux		
Bovins	224.5	22.5
Moutons et chèvres	60.4	6
Camelins	16.4	1.6

En **Tunisie**, il existe un potentiel relativement important qui pourrait être mobilisé pour la valorisation des résidus végétaux et animaux pour la production d’électricité, même si, jusqu’à présent, les réalisations et projets restent modestes (tableau 4).

⁴⁴ <http://www.reegle.info/countries/libya-energy-profile/LY>

⁴⁵ www.ssafta.org_wp-content/uploads_2011_05_Sudan-Energy-Profile1

⁴⁶ The Panel of The United Nations Commission on Science and Technology for Development 9-11 November 2009.

Tableau 4 : Valorisation des résidus en Tunisie: coût et bilan environnemental

Filière	Capacité	Coût estimé MDT	Economies tep/an	CO2 évité tCO2/an	Statut
Valorisation déchets organiques	1 MW	9	1570	3690	Réalisé
Valorisation gaz de décharges	10 MW	20	15 700	36 880	En cours
Valorisation fientes de volaille	14,5 MW	47	22 800	53 560	Recherche de promoteur

Le Maroc dépend encore de la biomasse énergie pour certains usages en milieu urbain (hammams ou bains publics), ainsi qu'en milieu rural. Selon l'Agence nationale de Développement des Energies Renouvelables et de l'Efficacité Energétique (ADEREE), les résidus de l'élevage, de l'agro-industrie et urbains (déchets solides municipaux et eaux résiduaires) pourrait représenter 515 ktep/an s'ils étaient traités par fermentation méthanique (biogaz), dont la plus grande partie proviendrait des déchets solides municipaux.

Le tableau suivant renseigne sur la production potentielle de biogaz au Maroc par type de résidus.

Tableau 5: Production potentielle de biogaz au Maroc⁴⁷

Type de résidus	Production potentielle biogaz (1000 m ³ /an)	Equivalent en ktep/an	%
Fumier humide	320 250	165	32
Déchets solides municipaux	584 000	300	50
Eaux usées	100 000	50	10
Total	1004 250	515	

En Algérie, les zones forestières couvrent environ 250 millions d'hectares, soit moins de 10% de la surface totale du pays. Théoriquement, le potentiel total de la biomasse est estimé à 37 mtep dont environ 10% pourraient être récupérés. 5 millions de tonnes de déchets urbains et agricoles sont produits annuellement. Le potentiel théorique d'énergie avoisine les 1.33 millions tep/an.

⁴⁷ UNEP, financing the development of renewable energy in the Mediterranean region, baseline study for Morocco, by F. Senhadji, May 2003. Voir aussi, Plan National de la Biomasse-Energie, CDER, Décembre 1998.

2.2.5 Potentiel géothermique

En Afrique, le potentiel géothermique le plus important se trouve en Afrique de l'Est. En Afrique du Nord, il existe un potentiel limité particulièrement en Algérie et au Soudan.

L'**Algérie** dispose d'un potentiel géothermique important, estimé en termes de production d'électricité à 700 MW. Plus de 200 sources chaudes ont été identifiées au nord du pays dont 1/3 presque (33%) ont une température supérieure à 45 ° C. Certaines sources présentent des températures pouvant atteindre 96 ° C à Hamman Meskoutine. Plus au sud, le pays recèle un vaste réservoir géothermique qui s'étend sur plusieurs milliers de km². Ce réservoir est appelé "nappe albienne" et présente une température moyenne de 57°C.

Le potentiel géothermique du **Soudan** est estimé à 400 MW. Des gisements ont été identifiés à proximité du volcan Jabel Marra, les collines Tagbo et Meidob, le domaine volcanique du Bayud et la côte de la mer Rouge.

La **Libye** dispose d'un potentiel en géothermie mais celui-ci est encore peu étudié.

Tableau 6 : Valorisation des résidus en Tunisie: coût et bilan environnemental

Filière	capacité	Coût estimé MDT	Economies tep/an	CO2 évité tCO2/an	Statut
Valorisation déchets organiques	1 MW	9	1570	3690	Réalisé
Valorisation gaz de décharges	10 MW	20	15 700	36 880	En cours
Valorisation fientes de volaille	14,5 MW	47	22 800	53 560	Recherche de promoteur

2.3 L'accès à l'énergie et les disparités de genre

Les politiques énergétiques ne prennent pas suffisamment en compte les disparités de genre en matière d'accès à des services énergétiques moderne. Bien que les décideurs puissent visualiser leurs choix liés à l'énergie comme étant neutres par rapport au genre, les hommes et les femmes sont affectés différemment par les politiques énergétiques là où leurs rôles qu'il soit au foyer, au travail ou dans la communauté diffèrent. Les programmes énergétiques ont souvent mis l'accent sur l'augmentation des fournitures de carburant ou d'électricité, en particulier pour les utilisations industrielles et urbaines, avec peu d'attention aux caractéristiques de la demande d'énergie des femmes, en particulier dans les zones rurales mal desservies. Les besoins énergétiques en milieu rural pour usage domestique, agricole, et à petite échelle pour des activités de production informelles, où les femmes prédominent, sont insuffisamment pris en compte.

Les femmes éprouvent beaucoup plus de difficultés que les hommes à accéder à l'énergie pour plusieurs raisons:

- Elles n'ont pas le contrôle des terres et des biens, ce qui limite leur capacité à bénéficier d'un accès aux énergies renouvelables, tels que les systèmes solaires, les éoliennes et le biocarburant qui exigent de posséder des terres ;
- L'absence de revenus qui constitue une barrière pour investir dans une technologie ;
- L'accès limité au crédit qui diminue leur capacité à payer les coûts initiaux de la technologie énergétique ou les frais de raccordement au réseau d'électricité ;
- L'accès limité à l'éducation qui réduit leur chance de devenir des entrepreneurs d'énergies renouvelables et de gagner un revenu.

Différentes organisations de développement, telles que la FAO, ont montré que les systèmes d'ER à petite échelle pouvaient permettre d'approvisionner en électricité les groupes les plus défavorisés en particulier les femmes (Lambrou et Piana 2006). Ces systèmes pourraient par exemple fournir de l'énergie pour les pompes à eau et les moulins à grains dans les zones non couvertes par le réseau électrique et promouvoir la productivité et les activités génératrices de revenus (Panchauri et Spreng 2003, ENERGIA 2007, Aguilar 2009). En dépit de la modestie de ces projets, leur impact socio-économique sur la vie des femmes est important comme le montre un bon nombre d'études⁴⁸. Ils permettent:

- Une amélioration de la santé, par exemple en réduisant les risques de problèmes liés à la fumée provenant de l'utilisation de biomasse dans des poêles inadaptées ;
- Une économie significative de temps et d'efforts grâce à l'approvisionnement en énergies renouvelables dans les zones rurales ;
- Une extension de la journée grâce à l'éclairage qui ajoute de la souplesse et parfois des revenus, mais cela ne conduit pas nécessairement à l'augmentation du temps libre pour les femmes.

La pleine participation des femmes dans ce secteur est cruciale dans tous les aspects allant de l'identification des projets d'énergie, à la conception, la mise en œuvre et l'évaluation. Les institutions de l'énergie ont tendance à être dominée par des hommes, par conséquent, les problèmes identifiés et les solutions proposées peuvent avoir un biais masculin. La participation accrue des femmes dans le secteur de l'énergie aidera à intégrer la perspective du genre dans les politiques et les pratiques énergétiques. Aujourd'hui, il n'y a pas de donnée précises ventilées par sexe qui montrent la place de la femme dans le secteur des énergies renouvelables en Afrique du Nord, mais, à l'évidence, les femmes ne sont pas suffisamment impliquées dans ce secteur. Cependant, des progrès sont à noter, en Algérie par exemple, où le Centre de Développement des Energies Renouvelables (CDER) compte désormais 52 femmes sur 126 chercheurs, soit plus de 40% de femmes ; et le centre de développement des technologies modernes compte quant à lui 56 femmes chercheurs⁴⁹.

⁴⁸ Panjwani 2005, Cecelski and CRGGE 2006, Tully 2006, Modi et al 2007, Practical Action 2010, Clancy et al 2011, Kohlin et al 2011, UN 2011.

⁴⁹ <http://portail.cder.dz/spip.php?article2060>

Chapitre 3

STRATEGIES ET PROGRAMMES D'ENERGIES RENOUVELABLES

Tous les pays de la région ont élaboré à des degrés divers des programmes de développement à grande échelle des ER. Si les objectifs sont assez similaires, les technologies, les tailles unitaires et les stratégies de mise en œuvre sont différentes. L’Egypte, le Maroc et la Tunisie ont favorisé l’éolien et les CSP. L’énergie éolienne en Egypte, au Maroc et en Tunisie représentent 95 % de la capacité installée totale du continent (Rapport mondial sur l’énergie éolienne, 2009). L’Algérie privilégie la filière CSP avec l’installation en 2011 d’une première centrale électrique hybride (gaz naturel-solaire), d’une capacité totale de 150MW dont 30 MW proviennent du solaire. L’Egypte et le Maroc ont également réalisé, avec la coopération de la Banque Mondiale, des projets qui utilisent une technologie hybride à base d’énergie solaire concentrée (CSP). Le Soudan envisage aussi le développement à grande échelle des CSP. La Mauritanie pourrait développer des centrales de taille plus modeste à partir de la filière solaire thermique (1 à 10 MW), mais seulement après 2015, compte tenu de l’importance du potentiel éolien qui est favorisé et des priorités en matière d’énergie rurale décentralisée.

Dans tous les pays d’Afrique du Nord, il existe des installations photovoltaïques à petite échelle pour les zones isolées et pour différents usages, notamment l’électrification rurale, les télécommunications et le pompage de l’eau. Toutes ces installations contribuent actuellement à améliorer la qualité de vie des populations desservies ; mais au plan quantitatif, la part relative du photovoltaïque dans la capacité totale électrique installée et dans les bilans énergétiques nationaux reste marginale (inférieure à 0.5%). Cependant, la baisse considérable des prix des panneaux solaires au cours de ces cinq dernières années ouvre de nouvelles perspectives pour le changement d’échelle du photovoltaïque aussi bien pour les pays où le taux d’électrification rurale est faible (Mauritanie, Soudan), que pour les cinq autres pays d’Afrique du Nord, notamment à partir du photovoltaïque centralisé.

En matière d’applications basse température, surtout pour le chauffe-eau solaire, le taux d’équipement dans plusieurs pays méditerranéens est très élevé. En Afrique du Nord, seule la Tunisie, dont la politique de maîtrise de l’énergie a été mise en place dès les années 1980, dispose d’un parc de chauffe-eaux solaires relativement important. Il existe donc un marché potentiel important en Afrique du Nord. Cette industrie, dont les barrières à l’entrée d’ordre technologiques et financières sont peu élevées, et qui est par ailleurs créatrice d’emplois, devrait bénéficier d’un soutien beaucoup plus important des pouvoirs publics.

Des initiatives régionales comme le Plan Solaire Méditerranéen (PSM) et Desertec Industrial Initiative (DII), contribuent à la dynamique de développement à grande échelle des énergies renouvelables, particulièrement au Maroc, en Egypte, en Tunisie et, en Algérie. Ces pays ont également signé des accords de coopération bilatérale avec les pays du Nord (USA, France, Allemagne, Espagne..) et les pays émergents (Brésil, Chine). Ces partenariats offrent des perspectives pour accroître les investissements, promouvoir le transfert de technologies, renforcer les interconnexions et créer un marché maghrébin de l'électricité. Toutefois, ces perspectives pour être effectives et avoir un réel impact économique, social et environnemental vont nécessiter l'adoption d'une approche régionale coordonnée et harmonisée.

3.1 Le cas Algérien

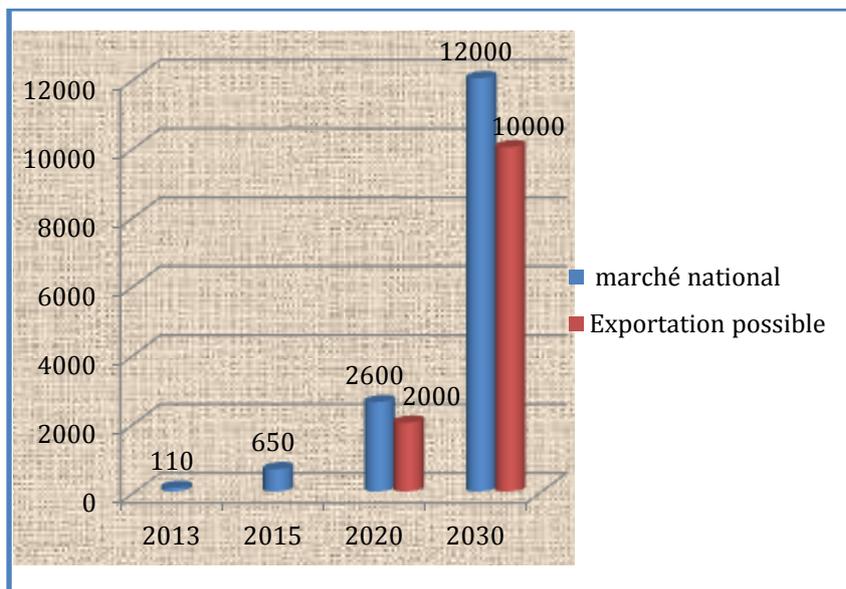
L'Algérie a adopté en 2011 une stratégie ayant pour objectif de produire d'ici 2030, 40% d'électricité à partir de ressources renouvelables. Cette stratégie vise en outre à développer une véritable industrie du solaire, associée à un programme de formation et de capitalisation qui permettra, à terme, d'asseoir un savoir-faire efficient, notamment en matière d'engineering et de management de projets.

Un plan à long terme sur les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique a été adopté avec pour objectif, la mise en place de 22.000 MW de capacité installée entre 2011 et 2030, dont 12.000 MW pour couvrir la demande nationale et 10.000 MW pourraient être exportés, si des garanties d'achat à long terme et des financements extérieurs étaient sécurisés. Ce programme inclut la réalisation, d'ici 2020, d'une soixantaine de centrales solaires photovoltaïques et solaires thermiques, de fermes éoliennes et de centrales hybrides. Sa mise en œuvre, placée sous l'égide du ministère de l'énergie et des mines, est ouverte aux opérateurs publics et privés.

Le solaire devrait atteindre d'ici 2030 plus de 37% de la production nationale d'électricité. Malgré un potentiel assez faible, le programme n'exclut pas l'éolien qui constitue le second axe de développement et dont la part devrait avoisiner les 3% de la production d'électricité en 2030. L'Algérie prévoit également l'installation de quelques unités de taille expérimentale afin de tester les différentes technologies en matière de biomasse, de géothermie et de dessalement des eaux saumâtres par les différentes filières d'énergie renouvelable.

La première étape du programme (2011-2013) sera principalement consacrée à la réalisation de projets pilotes pour tester les différentes filières technologiques. Les principales évolutions en matière de capacité installée sont résumées dans la figure suivante:

Figure 11: Evolution de la capacité totale installée ER: 2013-2030 (MW)



Les exportations restent conditionnées par un cadre institutionnel qui garantirait un prix permettant la rentabilité de l'investissement. Par ailleurs cela suppose aussi des accords avec les pays voisins de transit (Maroc et Tunisie) dans l'hypothèse, probable, d'exportation via ces pays.

3.1.1 L'Énergie Solaire

Le potentiel national en énergies renouvelables étant fortement dominé par le solaire, l'Algérie considère cette énergie comme une opportunité et un levier de développement économique et social, notamment à travers l'implantation d'industries créatrices de richesse et d'emplois.

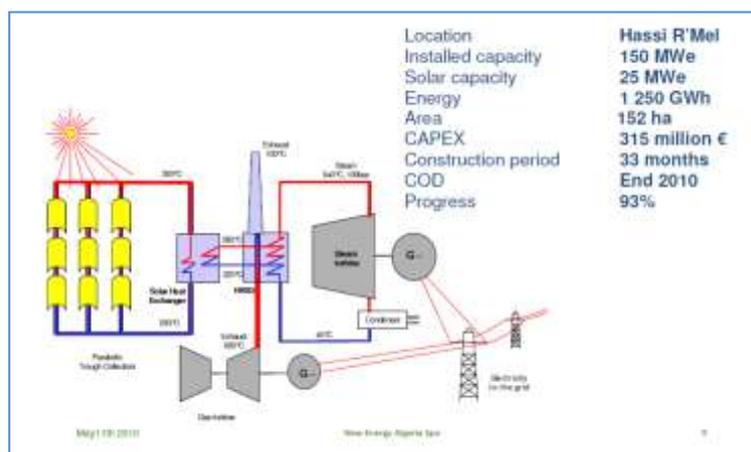
La stratégie adoptée par le gouvernement algérien repose en partie sur le développement privilégié de la filière CSP, même si les autres filières technologiques ne sont pas écartées. La priorité donnée aux CSP peut se justifier par un potentiel éolien limité et la nécessité d'une plus grande maturation technologique et commerciale de la filière PV centralisée. L'objectif recherché est de produire 7.200 MW à partir de la filière CSP. Deux projets pilotes de centrales thermiques à concentration avec stockage, d'une puissance totale d'environ 150 MW chacune, seront lancés entre 2011 et 2013. Sur la période 2016-2020, il est prévu de réaliser quatre centrales thermiques avec stockage d'une puissance totale d'environ 1200 MW, puis l'installation de 500 MW par an jusqu'en 2023 et 600 MW par an jusqu'en 2030.

Ces projets viendront compléter le programme d'énergie solaire qui avait démarré avec l'installation de la première centrale hybride, gaz naturel-solaire implantée à Hassi R'mel en juillet 2011 (voir schéma ci-dessous). Cette centrale, réalisée par NEAL, en partenariat avec la firme espagnole ABENER⁵⁰, associe la technologie à cycle combiné et celle des concentrateurs solaires cylindro-paraboliques. Il s'agit du

⁵⁰ Abener est une entreprise espagnole dans le domaine de l'ingénierie et de la construction pour le développement durable.

premier cycle combiné déployé loin de la côte, grâce à une technologie de refroidissement de la vapeur par des aérocondenseurs. Le marché pour la réalisation de la centrale a été attribué à ABENER qui est en charge de l'Engineering Procurement Construction (EPC) et des opérations de maintenance. La structure du capital de cette unité pilote est répartie entre NEAL: 20%, SONATRACH: 14%, ABENER: 51% et COFIDES⁵¹: 15%. Le coût est estimé à 315 millions d'euros dont 252 millions € (80 %) fournis par un consortium de banques algériennes (Banque Extérieure d'Algérie, Banque Nationale d'Algérie & Crédit Populaire d'Algérie), et 20% (63 millions €) par des fonds propres⁵².

Figure 12: Schéma simplifié de la centrale hybride gaz naturel solaire de Hassi R'Mel



(Source: NEAL).

Le projet a été réalisé selon la formule « Build, own, operate and Transfer » (BOOT). L'existence d'un client, comme SONATRACH, qui achètera l'électricité pour les besoins de ses activités au Sud, garantit à l'investisseur un prix compétitif, supérieur au prix pratiqué sur le réseau par l'opérateur public. Ce modèle sera toutefois difficile à généraliser car les clients actuels, dans ce cas SONATRACH, ou potentiels, disposent d'autres options pour accéder à de l'électricité à des tarifs nettement plus avantageux. Le développement du marché passe par la mise en place d'un cadre institutionnel attractif ouvert à tous les opérateurs. Cela suppose des mécanismes financiers incitatifs comme par exemple le tarif de rachat, une fiscalité allégée, des prêts préférentiels, etc.

En matière de contribution à la valeur ajoutée nationale, la fourniture d'équipements et de services par des opérateurs algériens a été très limitée. Cela s'explique par les développements récents de cette technologie. Les blocs de panneaux paraboliques ont été assemblés dans un atelier sur site par un sous-traitant algérien partenaire de la firme espagnole ABENER. Cependant, lors du déploiement du champ

⁵¹ Coopérative Financière pour le Développement de l'Economie Solidaire Nord Sud

⁵² A. Sokhal, NEAL, Entrepreneur de technologies liées aux énergies nouvelles et renouvelables. Présentation de la 1ère centrale hybride solaire/gaz de Hassi R'Mel, Réunion d'Experts UNECA, Rabat, 12-13 janvier 2012.

solaire, quelques difficultés sont apparues car l'usine d'Ouargla, en Algérie, chargée de fournir le gaz industriel, l'argon, a eu du mal à respecter le standard requis et l'importation de l'argon impliquait un délai de 18 à 20 semaines.

Le tableau suivant présente les autres projets CSP importants en Algérie:

Tableau 7 : Projet de quatre centrales hybrides solaires en Algérie

Centrale hybride solaire	Localisation	Capacité installée CSP/MW	Année
SPP I Solar Power Plant One	Hassi R'Mel	25 (capacité totale est de 150 MW)	2011 (juin)
SPP II Solar Power Plant Two*	Meghaïr	470 dont 70 solaire	2014
SPP III Solar Power Plant Three	Naâma	70 solaire	2016
SPP IV Solar Power Plant Four	Hassi R'Mel	70 solaire	2018

*Etude de faisabilité lancée en 2010. Source New Energy Algeria.

Outre ces projets développés par NEAL, le groupe SONELGAZ prépare le lancement d'un appel d'offre pour une centrale solaire thermique de plus de 150 MW, à El Oued, dans le Sud-est algérien⁵³.

Plusieurs projets photovoltaïques d'une capacité totalisant 800 MWc sont envisagés d'ici 2020. D'autres projets à petite échelle ont été réalisés, particulièrement par SONELGAZ. Ainsi, entre 1992 et 2005, 18 villages du sud algérien, soit environ 1.000 ménages, ont bénéficié d'installations photovoltaïques pour la satisfaction des besoins essentiels (éclairage, réfrigération, télévision, ventilation) en électricité (figure 13).

⁵³ Selon le PDG du groupe SONELGAZ, cette centrale pourrait être mise en service en 2016 ou 2017

Figure 13: Programme d'électrification de 18 villages du sud Algérien 1992-2005⁵⁴



D'autres programmes sont en cours comme le programme complémentaire de soutien à la croissance en vue de l'électrification de 16 villages du sud de l'Algérie et celui du développement des hauts plateaux qui concerne une soixantaine de localités des zones steppiques. Par ailleurs, le Centre de Développement des Energies Renouvelables algérien, dans le cadre de la coopération Algéro-Espagnole, exploite une centrale d'une puissance nominale de 2,5 kW connectée au réseau⁵⁵ qui a pour objectif la recherche-développement. Le CDER a aussi installé plusieurs systèmes de plusieurs kW dans différentes régions du pays, comme le montre le tableau suivant :

⁵⁴ A. Khelif, Expérience, potentiel et marché photovoltaïque algérien, New Energy Algeria, no date

⁵⁵ Source CDER

Tableau 8: Principales réalisations du CDER dans le domaine photovoltaïque⁵⁶

Région	Usage	Puissance installée et systèmes
Batna (Est Algérie)	Electrification de logements pour enseignants	10 kWc
	Etude et installation de mini centrales pour différents usages	1 centrale de 5 kWc et 3 centrales de 2.5 kW
	Santé rurale	5 conservateurs médicaux (60 litres de capacité unitaire)
Oum El Bouaghi	Pompage	5 systèmes dans différents sites de la région
Tiaret	Eclairage, pompage, santé	Plusieurs systèmes
Centre	Téléphonie rurale	8 relais de 160 W
Différentes régions	Balisage aérien et signalisation	15 radio-balises dans plusieurs aéroports
Sud	Alimentation de relais hertziens	10 systèmes de 2 kWc

Il convient aussi de noter l'implication récente dans le solaire de l'entreprise British Petroleum (BP) qui est un acteur majeur dans le domaine des hydrocarbures en Algérie. Ce partenariat dans le photovoltaïque constitue pour BP une opération ayant plutôt une dimension sociale, et de promotion de l'image de marque de la compagnie.

En matière de PV centralisé, SONELGAZ va réaliser une centrale de 900 kWc dans le sud algérien (vallée du M'Zab, Oued Nechou). Il s'agira de la première unité à grande échelle dans cette filière. Ce projet pilote devrait renseigner sur la rentabilité économique de cette filière qui serait ensuite déployée à grande échelle.⁵⁷ Afin de disposer d'une image exhaustive du PV en Algérie, il faut également tenir compte des systèmes pour les télécommunications, l'éclairage public, l'exhaure de l'eau, les protections cathodiques et l'alimentation des systèmes de télémétrie des gisements d'hydrocarbures.

En dépit du nombre de projets, la contribution au plan quantitatif du PV à l'énergie rurale (usages domestiques, pompage, télécommunication) reste marginale. Les besoins sont encore essentiellement couverts par le diesel. Cette situation pourrait changer si la faisabilité économique du projet centrale PV centralisée est confirmée techniquement et économiquement.

⁵⁶ Compilation à partir des données du CDER

⁵⁷ Source Sonelgaz, échos no 3 mai 2011

3.1.2 L'Énergie Éolienne

Comparativement au Maroc, à la Tunisie et à l'Égypte, l'Algérie possède un potentiel éolien qui est assez faible. En dépit de cela, elle n'exclut pas l'énergie éolienne qui constitue son second axe de développement (après le solaire) avec un projet pilote à l'horizon 2012-2013, dont l'investissement serait de 30 millions d'euros⁵⁸ pour la construction de la première ferme éolienne d'une capacité de 10 MW (10 tranches) à Adrar, dans le sud-ouest du pays. Entre 2014 et 2015, deux autres fermes éoliennes de 20 MW chacune devraient être réalisées. Des études seront menées pour identifier les emplacements favorables afin de réaliser d'autres projets sur la période 2016-2030 pour une puissance d'environ 1 700 MW.

D'ici 2013, il est prévu de lancer les études pour la mise en place de l'industrie éolienne. Sur la période 2014-2020, l'objectif est de parvenir à un taux d'intégration de 50%. Ce taux devrait être supérieur à 80% sur la période 2021-2030, grâce à l'extension des capacités de fabrication des mâts et des rotors d'éoliennes et le développement d'un réseau de sous-traitance nationale pour la fabrication des équipements de la nacelle.⁵⁹

3.2 Le cas Égyptien

L'Égypte s'est dotée d'une stratégie énergétique adoptée par la Cour Suprême de l'Énergie⁶⁰ en février 2008. Celle-ci fixe à 20% la part des ER (y compris l'hydro-électricité), dans la production totale d'électricité à l'horizon 2020⁶¹.

Compte tenu de l'importance du potentiel éolien, l'Égypte a privilégié le développement de ce gisement qui a connu une forte croissance des capacités installées. Il est ainsi prévu que l'éolien interconnecté au réseau contribue à hauteur de 12% (7200 MW) à cet objectif stratégique. Cependant, les autres filières technologiques connaissent aussi des réalisations mais avec des investissements nettement moindres. A la fin 2009, la capacité éolienne installée a atteint 430 MW pour une production de 948 GWh. Cette production aura ainsi permis d'économiser 205 000 t de combustibles fossiles (produits pétroliers ou gaz naturel), soit une réduction de 521 000 t de CO₂.

⁵⁸ Ministère de l'Énergie, Énergie et mines, no 12, novembre 2010

⁵⁹ MEM, Programme des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique p.22

⁶⁰ Créé fin 2006, c'est un comité interministériel regroupant les Ministres de l'industrie, du pétrole et de l'électricité et présidé par le Premier Ministre, il assure la coordination entre les acteurs du secteur et les projets mis en place.

⁶¹ New Renewable Energy Authority, annual report 2009-2010.

3.2.1 L'Énergie Solaire

Le solaire constitue la seconde filière technologique en termes d'importance et comprend aussi bien les applications basse température (chauffe-eau solaire: CES) que la production d'électricité par les CSP, qui constituent d'ailleurs une des applications les plus prometteuses à grande échelle.

Le premier projet hybride (gaz naturel-CSP) dans cette filière est celui de Kuraimat mis en service en juillet 2011, avec une capacité de 140MW dont 20 MW de solaire. Le coût total de ce projet est de 340 millions de dollars, soit un investissement relativement comparable à celui de la centrale CSP réalisée en Algérie. Les sources de financement proviennent de NREA (100 MUS\$), du GEF (50 MUS\$) et d'un prêt à faible taux d'intérêt (0,75 % remboursable sur 40 ans, dont 10 ans de période de grâce) de la coopération japonaise. Cette centrale devrait permettre d'économiser annuellement environ 10.000 tonnes de ressources fossiles et de réduire de 20.000 tonnes les émissions de CO₂.⁶²

Il n'existe pas de plan clair pour l'expansion de la technologie CSP. Actuellement, seule une étude de faisabilité a été conduite pour une installation de CSP d'une capacité de 100 MW dans le sud de l'Égypte, en sus des deux installations PV de 20 MW.⁶³

Le photovoltaïque (PV) et le solaire thermique se développent. Plusieurs PME égyptiennes produisent et assemblent des panneaux en partenariat avec des sociétés allemandes, danoises, espagnoles et japonaises. Ces panneaux de petites tailles sont vendus pour alimenter des sites isolés ou des zones rurales. La capacité installée est estimée à 10 MW particulièrement pour l'éclairage, la réfrigération, le pompage, les télécommunications, et les spots publicitaires, le long des autoroutes. Quelques projets à petite échelle sont en cours pour l'électrification de sites isolés.

En matière de CES, au début des années 1980, le ministère de l'Électricité et de l'Énergie avait importé 1.000 unités de différentes capacités qui avaient été installées dans plusieurs régions afin de promouvoir le marché. Ce processus a été accompagné par la création des premières entreprises égyptiennes de production de CES. Il existe actuellement une dizaine d'entreprises, alors que le nombre de CES est estimé à 400.000 unités fin 2009. Les projets en cours, en collaboration avec l'UNEP, concernent l'installation de CES dans les régions du Sinaï et de la Mer Rouge, pour un coût total de 0,5 millions de dollars. Le projet subventionne 25% du coût et assure une maintenance pendant 4 ans.

En dépit de tous ces éléments, le développement de l'énergie solaire reste encore embryonnaire, peut être parce que l'électricité conventionnelle reste fortement subventionnée.

⁶² Source NREA, annual report, 2009-10

⁶³ PWMSP, Benchmarking, Country Report Egypt p.16

3.2.2 L'Énergie Éolienne

L'effet réel de la production éolienne a commencé à apparaître lorsque les parcs éoliens à Hurghada ont été connectés au réseau à la fin des années 90. Tout au long de cette période, la production d'électricité – a augmenté très rapidement, passant d'une croissance de 368 GWh en 2003 à 1133 GWh en 2009. Les figures suivantes montrent l'évolution de la capacité éolienne installée et de la réduction des gaz à effet de serre.

Figure 14 : Capacité éolienne installée (MW)

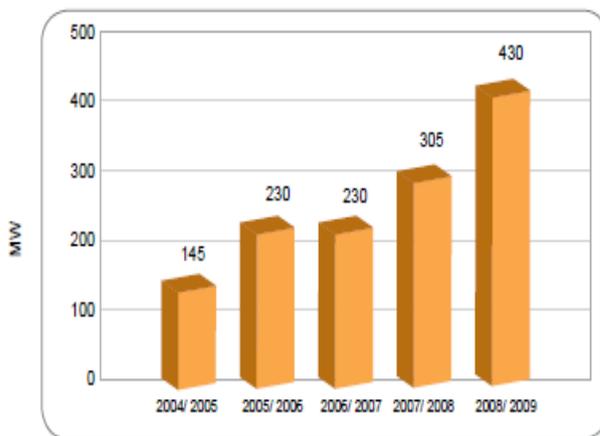
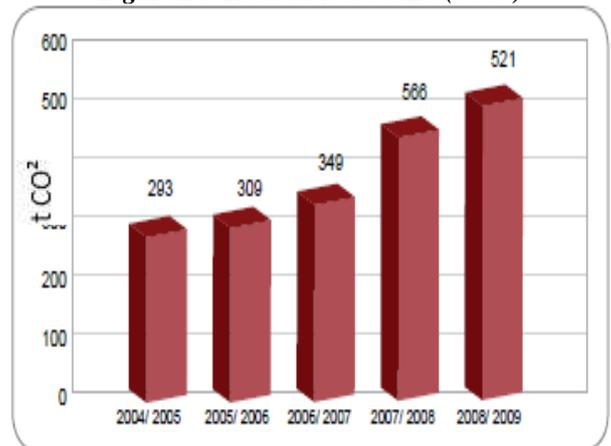


Figure 15: Réduction des GES (t CO₂)



La capacité installée en éolien comprend deux sites, Hurghada et Zafarana. Le premier site peut être considéré comme la première expérience pilote. Le tableau qui suit informe sur la capacité et les caractéristiques des deux sites.

Tableau 9 : Capacités et caractéristiques des sites de Hurghada et Zafarana

Sites	Capacité MW	Mise en service	Caractéristiques
Hurghada	5	1993	42 turbines avec différentes technologies (1, 2 et 3 pales) et des partenaires, allemands, danois et américains. La fabrication de biens d'équipement locaux est estimée à 40% (pales, tours, travaux mécaniques et électriques)
Zafarana	517	Plusieurs tranches à partir de 2001	Partenariat avec l'Allemagne, le Danemark, l'Espagne et le Japon

Plusieurs projets sont en voie d'achèvement ou planifiés, dont 120 MW de capacité additionnelle sur le site de Zafarana. D'autres projets sont programmés à partir de 2013, c'est notamment le cas pour le site du Golf El Zayt et celui du Golf de Suez (Tableau 10).

Tableau 10: Projets éoliens sur différents sites dont la mise en service est prévue dès 2013

Sites	Capacité MW	Mise en service possible	Observations
Site à confirmer	200	2013	Partenariat avec Allemagne, UE et BEI. Accord avec l’Egypte et Allemagne et UE ratifié par l’assemblée égyptienne
Golf El Zayt	220	2014	Coopération avec Japan International Cooperation Agency (JICA). Etude de faisabilité en 2005 par consultant japonais. Accord pour un prêt par le Japon en mars 2010, ratifié par l’assemblée en juin 2010
Golf de Suez	120	2013	L’Espagne devrait accorder 120 millions € selon le protocole signé en 1998

Trois autres projets, dont la recherche de financement est en cours, totalisant une capacité de 580 MW sont planifiés (Tableau 11).

Tableau 11: Projets éoliens en Egypte dont le financement est en cours

Sites	Capacité MW	Mise en service possible	Observations
Golfe de Suez Deux fermes éoliennes	140+40	Non disponible	140 MW: financement par l’Espagne et réservé aux entreprises espagnoles. Un don sera accordé pour le financement de la préparation des études de faisabilité. 40 MW: non lié au marché espagnol
Site à confirmer	200	2014	En coopération avec Masder Company, propriété d’Abu Dhabi. Cadre de coopération signé en 2010 avec cette entreprise.
Golfe de Suez	200	2013	Coopération avec KfW Allemagne, AFD France, BEI et UE

D’autres projets dans la région ouest du Nil totalisant une capacité de 700 MW sont planifiés à plus long terme et devraient être réalisés en plusieurs étapes. Outre ces projets initiés par NREA, le secteur privé égyptien dispose d’un portefeuille conséquent d’une capacité totale de 1370 MW, dont le stade d’avancement est variable selon les projets. (Tableau 12).

Tableau 12: Projets éoliens du secteur privé en Egypte

Sites	Capacité MW	Mise en service possible	Observations
Ferme éolien pour Suez Cement Company,	120	Non disponible	Coopération avec Italgen «company», étude environnementale achevée en 2010 et approuvée par l’agence environnementale
Golfe de Suez	250	Non disponible	Formule «Build Own Operate». 34 entreprises ont soumis des offres. Sélection des offres avec appui de la Banque Mondiale
Golfe de Suez	1000	Non disponible	Build Own Operate. En preparation
Total	1370		

Source NREA, annual report 2009-2010.

3.3 Le cas Libyen

Afin de réduire sa dépendance aux énergies fossiles (pétrole et gaz) et promouvoir les ER, la Libye a créé en 2007 l'Autorité de l'Energie Renouvelable (REAOL). Plus récemment, un Ministère de l'Electricité et des Energies Renouvelables a été mis en place. La stratégie (horizon 2030) de développement des énergies renouvelables prévoit d'atteindre 30% de production électrique d'origine renouvelable d'ici 2030. Pour y arriver, la Libye s'est fixé des objectifs intermédiaires qui visent 20% de la production électrique totale issue des énergies renouvelables en 2020 et 25% en 2025.

REAOL avait initialement préparé un plan à moyen terme (2008-2012) incluant la fabrication locale des biens d'équipement pour les projets solaire et éolien.

3.3.1 L'Energie Solaire

Les installations de photovoltaïques ont commencé en 2003. Le nombre total de systèmes photovoltaïques installés par la GECOL (General Electric Company of Libya) est de 340 pour une capacité totale de 240 kWp (kilowatts-peak). Le solaire PV comprend les filières centralisées et décentralisées. En matière de PV centralisé, trois grandes centrales connectées au réseau sont envisagées (Aljofra, Green Mountain, Sabha), dont le projet pour une première centrale de 15 MW est fort avancé. En matière de PV décentralisé, il est prévu 2 MW dans les régions isolées et 500 toits solaires PV pour des zones résidentielles.

La filière thermique a débuté en 1983 avec un premier projet pilote qui incluait 10 systèmes de CES. Aujourd'hui, elle comprend une étude de faisabilité pour une CSP de 100 MW sans que le site ait été identifié, ainsi que l'utilisation dans une première étape de 10.000 chauffe-eau solaires. La production d'énergie à partir de chauffe-eau solaire est d'environ 12% de la production nationale d'électricité, mais son utilisation ne s'est pas propagée dans tout le pays, en raison du manque d'information à l'adresse de la population et du faible tarif de l'électricité en Libye.

Des négociations sont en cours pour la production locale en partenariat avec des investisseurs nationaux et étrangers, notamment:

- Le développement d'une joint-venture avec des investisseurs locaux et étrangers pour la fabrication de chauffe-eau solaires (40.000 unités/an), pour les marchés locaux et l'exportation ;
- Le développement d'une joint-venture avec des investisseurs nationaux et étrangers pour l'assemblage de systèmes photovoltaïques (50 MW).

Il reste encore à affiner ces objectifs dans le cadre d'une stratégie et d'études de faisabilité détaillées, en concertation avec les principales parties prenantes du secteur en Libye.

3.3.2 L'Énergie Éolienne

L'utilisation de l'énergie éolienne n'a pas été largement développée, en dehors de l'usage pour le pompage de l'eau dans plusieurs oasis, car les éoliennes demandent un entretien périodique. En 2000, un consortium germano--danois a été contracté par la compagnie d'électricité nationale pour concevoir et construire une ferme éolienne de 25 MW. Plusieurs sites appropriés ont été identifiés et des mâts ont été installés pour surveiller les conditions de vent pendant plus d'une année. Des spécifications techniques pour toutes les composantes de la ferme éolienne pilote et les documents d'appel d'offre ont été préparés, mais le projet n'a pas abouti. Le plan de développement des ER 2008-2012 prévoit l'installation de plusieurs parcs éoliens d'une capacité totale avoisinant les 1.000 MW dont:

- Dernah : la phase 1 (60 MW) est en construction
- Al Maqrun : le contrat pour la phase 1 (120 MW) est en cours d'attribution
- Al Maqrun (120 MW): la phase 2 est en négociation
- Région de l'ouest: Meslata, Tarhunah et Asabap (250 MW): en projet
- Région du sud: plusieurs sites possibles Gallo, Almasarra, Alkofra, Tazrbo Aliofra, Sabha, et Gatt, Ashwairef: 250 MW en projet⁶⁴.

3.4 Le cas Marocain

Le Maroc a établi une stratégie pour le développement des énergies renouvelables particulièrement à partir des filières éolienne et solaire CSP, avec comme objectif une capacité installée de 6.000 MW (y compris l'hydro-électricité), soit 42% des capacités à l'horizon 2020, selon la stratégie énergétique nationale. La réalisation de cette stratégie passera par un programme qui devrait permettre de modifier substantiellement le parc électrique installé devant atteindre 14.580 MW en 2020, soit 2 à 3 fois la capacité installée en 2010⁶⁵. Le programme détaillé figure dans le tableau qui suit :

Tableau 13 : Contribution des ER et place des acteurs à l'horizon 2020 au Maroc

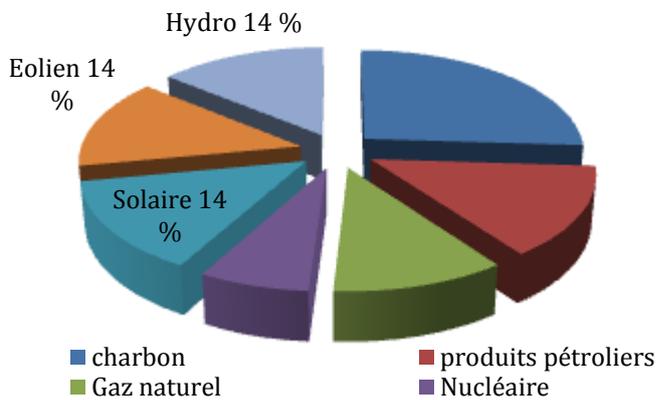
Filière technologique	Principaux acteurs	Capacité MW
Eolien	ONE (programme national intégré: 1.000 MW) Secteur privé: 1.000 MW	2.000
Solaire	MASEN	2.000
Hydraulique	ONE	2.000

⁶⁴ Communication de M.A Ekhlal, Renewable Energy Authority of Libya, Renewable Energy in Libya, Réunion d'experts, UNECA, Rabat, 12-13 janvier 2012.

⁶⁵ La capacité installée du Maroc en 2010 a été de 6343,7 MW (source: ONE, site officiel, one.org.ma)

Le graphique suivant donne la composition du parc électrique marocain en 2020 par source d'énergie.

Figure 16: Structure du parc électrique installé selon la filière technologique en 2020 au Maroc



Les ER vont représenter 42% de la capacité totale installée en 2020. La part relative du charbon diminuera mais va néanmoins représenter 26% de la capacité totale installée, soit une diminution de 8% par rapport à 2008. Le nucléaire devrait représenter 7% de cette capacité. Il semble peu probable que ces capacités électronucléaires soient réalisées à cet horizon, compte tenu de la complexité technologique de cette filière et du niveau de financement requis

3.4.1 L'Énergie Solaire

La réalisation du programme solaire qui vise à restructurer le parc électrique marocain à l'horizon 2020 est en cours ; son coût global a été estimé à environ 9 milliards de dollars (US). Le programme devrait permettre d'économiser 1 million (en tep) par an, d'une valeur de 500 millions de dollars (US) ; et aussi de réduire près de 3,7 millions de tonnes d'émission de CO² chaque année⁶⁶. Ce programme comprend la première centrale pilote hybride solaire-gaz naturel à cycle combiné d'une capacité de 470 MW, dont 20 MW solaire et un productible annuel moyen d'environ 3.500 GWh. La réalisation de cette centrale, opérationnelle depuis mai 2010 et implantée à Ain Beni Mathar (figure 17), a nécessité un investissement total de 400 millions €, grâce à deux prêts de la BAD d'un montant total de 287,85 millions € accordés en 2005 (136,45 millions €) et 2007 (151,40 millions €), un don de 43,20 millions du Fonds de l'Environnement Mondial (FEM ou GEF), un prêt de 43 millions € du fonds d'aide au développement de l'Espagne et par l'Office National de l'Electricité (ONE)⁶⁷.

⁶⁶ PWMSP, Benchmarking Country Report Morocco

⁶⁷ <http://www.afdb.org/fr/news-and-events/article/morocco-inauguration-of-the-ain-beni-mathar-thermo-solar-power-project-6720/>

Figure 17 : Ain Beni Mathar, Maroc : centrale hybride solaire (CSP)-gaz naturel



Sur le plan environnemental⁶⁸, sa mise en service a permis une économie de combustibles fossiles d'environ 12.000 tonnes par an et des émissions évitées de 33.500 tonnes de CO₂. En outre, la technologie de refroidissement à sec (aéro-réfrigérants) a permis de réduire la consommation d'eau de 5,4 millions m³ à 850.000 m³ par an, soit une économie de 80%⁶⁹. Du point de vue socio-économique, cette réalisation fait partie du programme de développement intégré de la région de l'Oriental, et contribue au désenclavement d'Ain Beni Mathar, à travers la réalisation d'une route d'accès à la centrale et aux localités avoisinantes, à la promotion de l'emploi durant les phases de mise en œuvre et d'exploitation (360.000 journées de travail) et le développement de petites et moyennes entreprises locales. Les infrastructures de la commune de Béni Mathar ont été améliorées grâce à la construction de deux ponts sur les Oueds Charef et Tabouda, ainsi que la mise en place de forages d'eau dans les localités limitrophes.

Le programme solaire Marocain vise une capacité de 2.000 MW, répartis sur cinq sites déjà identifiés dont Ouarzazate, d'une capacité de 500 MW pour une production de 1.150 GWh/an. La centrale solaire de Ouarzazate actuellement en cours de réalisation a bénéficié de l'appui des institutions financières internationales et de la Facilité Euro-Méditerranéenne d'Investissement et de Partenariat (FEMIP) ainsi que d'un engagement important de plusieurs États membres de l'Union Européenne. Elle a ainsi bénéficié de dons et de prêts de la Coopération Financière Allemande (KfW) et de l'Agence Française de Développement (AFD) via le Fonds de Technologie Propre (FTP) géré par la Banque mondiale. Il s'agit de la première proposition dans le cadre du plan d'investissement pour les CSP dans la région MENA (Moyen Orient Afrique du Nord) à être approuvée par ce fonds (FTP).

⁶⁸ ONE, Projet de la centrale thermo-solaire de Ain Beni Mathar, cahier des charges environnementales

⁶⁹ <http://www.afdb.org/fr/news-and-events/article/morocco-inauguration-of-the-ain-beni-mathar-thermo-solar-power-project-6720/>

En matière de PV, actuellement plus de 250.000 ménages ruraux sont équipés de systèmes photovoltaïques. Environ 170.000 systèmes PV pour ménages ont été installés pour une capacité de l'ordre de 3 MW⁷⁰.

3.4.2 L'Énergie Éolienne

Cette filière constitue le second volet important du programme de développement des ER. L'objectif éolien pour 2020 est d'atteindre une capacité de 2.000 MW qui produira environ 6.600 GWh. Le coût de l'investissement est estimé à 3,5 milliards de dollars (US). Ce projet devrait permettre, une économie annuelle de 1 million (de tep) et d'éviter 5,6 millions de tonnes d'émissions de CO².⁷¹

Le Maroc dispose déjà de capacités éoliennes installées significatives totalisant 290 MW comme le montre le tableau ci-dessous.

Tableau 14 : Parc éolien du Maroc fin 2011

Sites	Propriété	Capacité	Mise en service
Abdelkhalek Torrès Tetouan	ONE	50 MW	2000
Lafarge-Tetouan	Lafarge	30 MW	2006
Amogdoul-Essaouira	ONE	60 MW	2007
Tanger 1	ONE	140 MW	2009
Tantan (Sud)	ONEP	10 MW	2008
Total		290 MW	

Par ailleurs, des installations éoliennes totalisant 850 MW financées par des producteurs privés sont prévues sur cinq sites ayant un important potentiel dont Tanger 2 (150 MW) et Jbel Lahdid (200 MW) dans la région d'Essaouira.

Pour la réalisation du parc éolien, l'ONE s'est vu émettre un dossier de pré-qualification en janvier 2012 préalable à un appel d'offre qui a été lancé au courant du second trimestre 2012. Ce programme sera réalisé selon la formule Build, Own, Operate and Transfer dans le cadre d'un partenariat public-privé associant l'ONE, la SIE et le fonds Hassan II pour la partie marocaine, qui sera retenu à la suite de l'appel d'offre. Pour la réalisation de ce programme, l'ONE a sollicité un prêt de la Banque Africaine de Développement.

⁷⁰ ONE

⁷¹ PWMSP, Benchmarking, Country Report Morocco, 2011

3.5 Le cas Mauritanien

Le développement des ER est un objectif du Cadre Stratégique de Lutte contre la Pauvreté (CSLP) et un axe stratégique de la politique énergétique du Gouvernement. Celle-ci a pour objectif d'améliorer l'accès des populations à l'électricité et de promouvoir les énergies nouvelles et renouvelables. Il est prévu de porter la part des énergies renouvelables dans le bilan énergétique national à 15% à l'horizon 2015 et à 20% en 2020⁷². Cet objectif devrait contribuer à accroître le taux d'électrification (estimé à 23,8% au niveau national), notamment en milieu rural et semi urbain où il est très faible (3-5%). Une stratégie nationale de développement des énergies renouvelables est actuellement en cours de préparation. Jusqu'à présent, les principales réalisations ont concerné des projets décentralisés à petite échelle hors réseau. Il est très probable que cette tendance va se maintenir au cours de la prochaine décennie, avec toutefois la mise en place de centrales de petite et moyenne puissance interconnectées au réseau, particulièrement dans la filière éolienne dont les coûts sont comparativement plus bas que les autres filières d'ER et pour laquelle la Mauritanie dispose d'un très bon gisement. Cependant, l'intégration des ER à grande échelle dans le système énergétique de la Mauritanie⁷³ est actuellement limitée par la capacité actuelle installée et la multiplicité des réseaux isolés.

Les acquis les plus importants ont été obtenus dans le cadre de projets et programmes décentralisés solaire et éolien, le plus souvent avec un appui technique de partenaires du Nord. Par ailleurs, il convient de remarquer que même si le coût d'accès aux services énergétiques à partir des ER reste élevé, cette option est plus rentable, sinon moins coûteuse à long terme, du fait de l'éloignement des réseaux électriques et des difficultés d'accès aux combustibles fossiles.

3.5.1 L'Énergie Solaire

La capacité totale installée en solaire reste très faible malgré l'impact social et économique qui peut être important dans des localités très pauvres. En 2001, la puissance totale installée en PV était estimée à 950 kWc répartis entre le pompage (19%), l'éclairage et la réfrigération (81%). Plusieurs autres projets ont été réalisés au cours de la décennie 2000-2010 notamment:

- En 2005, la réalisation du projet d'électrification de 208 localités (villages et chefs-lieux de communes etc.) dans la wilaya de l'Adrar de Dakhlet Nouadhibou et le Trarza) par des systèmes solaires photovoltaïques, appelé projet 3.000 Kits. En plus de l'éclairage, les principaux usages ont concerné le pompage d'eau et la conservation des médicaments, qui ont permis d'améliorer les conditions de vie des villages isolés.

⁷² République Islamique de Mauritanie, Perspectives et Potentiel du Secteur de l'Électricité, table ronde pour la Mauritanie, Bruxelles, 22-23 juin 2010

⁷³ IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change, Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation, Special Report of the IPCC, chap 8, Integration of renewable energy into energy systems, Cambridge University Press, 2011

- Plusieurs milliers d'autres foyers ont été électrifiés dans le cadre d'opérations similaires, surtout dans les zones rurales du centre et de l'est mauritanien (wilayas du Hodh, Echargui, du Hodh el Gharbi, de l'Assaba, du Tagant et du Brakna⁷⁴).

D'autres projets dans le domaine de l'énergie solaire sont programmés (au cours des deux prochaines décennies) comme les centrales pilotes thermo-solaires connectées au réseau (1 à 10 MW) dans les wilayas de l'intérieur (Assaba et Hodhs), et les centrales PV pilotes connectées au réseau à Nouakchott (500 kWc à 1 MWc).

3.5.2 L'Énergie Éolienne

L'éolien constitue l'autre filière technologique dont le développement a commencé dès le début des années 1990. Il s'agit d'éoliennes de petite puissance surtout pour le pompage de l'eau. Dans le cadre du projet alizés⁷⁵, 101 éoliennes de pompage ont été installées dans les régions du Trarza au sud de la Mauritanie. Ces installations ont permis l'alimentation en eau potable de plus de 20.000 personnes. Il convient de souligner la forte implication aux niveaux local et régional des villageois qui ont contribué à environ 15% de l'investissement. La maintenance des installations est actuellement assurée dans le cadre d'une Mutuelle ("NASSIM")⁷⁶. L'autre facteur important est la fabrication locale des équipements par la société DEYLOUL grâce à un transfert de technologie avec ECOLAB, fabricant français de l'éolienne OASIS. Cette expérience a permis d'étendre les services à l'électricité par l'introduction des aérogénérateurs qui sont une technologie totalement différente de celle des éoliennes de pompage⁷⁷. Quelques installations ont été réalisées dans la région du Trarza permettant de fournir des services de base à 980 familles et d'électrifier 6 dispensaires.

- 1 x 2,5 kW: réseau local de Tighent, éolienne LMW (devenue FORTIS)
- 17 x 1 kW: recharges de batteries individuelles, éoliennes LMW
- 20 x 70 W: installations individuelles photovoltaïques et d'éoliennes Marlec dans certains cas.

Ces installations ont été réalisées par les entreprises mauritaniennes DEYLOUL et BTI, associées avec le fournisseur hollandais LMW (devenue FORTIS) dans le consortium AFRIVENT qui s'est chargé de l'installation et de la maintenance des équipements. Il s'agit d'un projet de 2,2 millions de dollars financé par le GEF et mis en œuvre par le PNUD. Généralement, le droit d'entrée pour le bénéficiaire est fixé à 10% de l'investissement et, le coût du service est facturé⁷⁸. Comparativement aux besoins du

⁷⁴ Ministère de l'Hydraulique de l'Énergie et des Technologies de l'Information et de la Communication (MHETIC.) Expérience mauritanienne dans l'électrification rurale, Marrakech, 19 au 29 novembre 2007

⁷⁵ www.alizes-eole.com/mauritanie/historic/.htm

⁷⁶ NASSIM est une fédération de coopératives, ses membres sont les coopératives villageoises créées dans chaque village pour gérer l'éolienne. 54 villages adhèrent à NASSIM à fin 2001

⁷⁷ S Khennas, S Dunnet and H Piggott, small wind energy for rural services, ITDG publishing, London 2003

⁷⁸ Module individuel de 70 W: 1 600 UM, Éolienne de 1000 W (1 village): 12 000 UM, Éolienne de 2500 W (1 village): 24 000 UM, kit énergie (batterie individuelle): 400 UM, source <http://www.alizes-eole.com/>

pays, l'impact de ces projets reste limité et leur mise en œuvre fortement tributaire des subventions externes dont la mobilisation n'est guère aisée.

À l'avenir, de nombreux autres projets éoliens viendront s'ajouter à ceux déjà réalisés ou en cours de réalisation comme l'indique le tableau suivant :

Tableau 15 : Projets d'éoliennes connectées au réseau en Mauritanie⁷⁹

Eolien
<ul style="list-style-type: none">• Centrale éolienne de 4,4 MW (SNIM)• Parc éolien de 7-15 MW dans la région de Nouadhibou• Parc éolien de 30 à 40 MW, éventuellement couplé à une unité de dessalement à Nouakchott (SOMELEC)⁸⁰• Parc éolien 50 à 100 MW dans le couloir minier

Le projet de la Société Nationale Industrielle et Minière (SNIM) est très avancé avec la signature d'un contrat avec le groupe français Vergnet, pour la réalisation de 16 éoliennes sur le site de Nouadhibou, d'une puissance unitaire de 275 kW⁸¹. L'étude a été réalisée par une entreprise marocaine, SOR énergie. Le coût est estimé à 1,7 Millions euros/MW ou environ 10 cents d'euro/kWh. Ces coûts, s'ils sont confirmés lors de la réalisation et de l'exploitation, pourraient justifier un développement à grande échelle, à moyen terme (5 à 10 ans) de la filière éolienne en Mauritanie. En outre, la SOMELEC devrait également lancer la réalisation d'un parc éolien de 30 à 40 MW à Nouakchott.

Comparés aux autres pays de la région, ces projets semblent modestes, mais ils sont très importants par rapport à la capacité installée en Mauritanie en 2011. Compte tenu du faible taux d'électrification rurale, les projets décentralisés constituent un axe important des stratégies de lutte contre la pauvreté.

Le tableau suivant présente les projets éoliens planifiés qui pourraient aider à augmenter le taux d'électrification rurale et par conséquent, lutter contre la pauvreté qui sévit plus particulièrement dans les communautés rurales. Toutefois, les études de faisabilité détaillée restent à mener, ainsi que la mobilisation des financements.

⁷⁹ Ministère de l'énergie et du pétrole, Perspectives des Energies renouvelables en Mauritanie, Financement du développement en Afrique du Nord, Réunion d'Experts, Rabat, 19-21 octobre 2010.

⁸⁰ Cheikh Ould El Moctar Le secteur des énergies renouvelables en Afrique du Nord: situation actuelle et perspectives. Cas de la Mauritanie, Réunion d'Experts UNECA, Rabat, 12-13 janvier 2012.

⁸¹ <http://www.boursorama.com/forum-vergnet-16-eoliennes-mp-pour-la-mauritanie-405570515-1>

Tableau 16 : Projets éoliens pour l'électrification rurale en Mauritanie

Eolien
<ul style="list-style-type: none"> • Projet Littoral Nord: électrification hybride éolien/diesel de 13 localités entre Nouakchott et Nouadhibou (PNUD/GEF – RIM) • Parcs éoliens dans les régions du sud-est • Petit éolien isolé pour les localités le long du tracé de l'Aftout Es-sahéli (littoral sud)

3.6 Le cas Soudanais

Le Soudan envisage de renforcer la contribution des ER au bilan énergétique du pays. Il s'agit, au stade actuel, de projets pour lesquels des études de faisabilité complète et la mobilisation de financement sont nécessaires. Selon le plan directeur des ER élaboré en 2005, environ 20 000 mégawatts seront réalisés dans les 20 prochaines années. Les centrales hydroélectriques pourraient y contribuer dans une proportion maximale de 20 à 25%, le reste proviendrait d'autres énergies renouvelables, telles que les biocarburants⁸² et le solaire.

3.6.1 L'Énergie Solaire

Compte tenu du faible taux d'électrification et de la faible densité de la population, le solaire PV constitue une filière très attractive aussi bien pour l'électrification rurale que pour le pompage de l'eau, notamment pour les milliers de parcelles agricoles le long du cours du Nil. Dans cette perspective, le Fonds pour l'Environnement Mondial (FEM) a lancé en 2000 un projet visant à soutenir la pénétration du marché de l'énergie solaire photovoltaïque par un appui technique, institutionnel et financier, afin de répondre à la demande sociale émanant des secteurs de l'éducation et de la santé. Comme le financement constitue la contrainte principale, le projet a développé avec la Banque Soudanaise de développement social et d'épargne (Sudanese Social Development and Savings Bank: SSDSB), un mécanisme de garantie, devenu opérationnel en 2003. A la fin de 2003, environ 80% du capital fourni a été utilisé comme effet levier pour les systèmes solaires, principalement pour les ménages. Le taux de recouvrement a été de l'ordre de 87 à 92%. En raison du succès de ce programme, la Banque agricole du Soudan a convenu en 2004 d'accorder des crédits dans cinq autres villes supplémentaires où la SSDSB n'a pas de succursales.

⁸² La question des biocarburants ne sera pas traitée dans cette étude. Cette question devrait être abordée en prenant en considération la sécurité alimentaire. Une étude des Nations Unies faite par la FAO est consacrée aux biocarburants, « La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture, les biocarburants : perspectives, risques et opportunités » 2008.

Un autre projet financé par le PNUD a permis l'installation de panneaux photovoltaïques pour électrifier 13 communautés rurales et périurbaines au bénéfice d'environ 45.000 ménages⁸³.

Le Soudan envisage également le développement à grande échelle de la filière solaire. Dans ce cadre, La société française Solar Euromed a récemment signé un accord avec le Soudan pour construire et exécuter des centrales solaires au cours de la prochaine décennie.

3.6.2 L'Énergie Éolienne

La filière éolienne est actuellement principalement limitée au pompage de l'eau à partir de puits de différentes profondeurs pour la fourniture de services à l'agriculture (irrigation) et d'eau potable pour les populations. Au cours des années 1960, les éoliennes de pompage étaient relativement répandues dans le centre du Soudan puisque au cours des années 1950, grâce à un appui du gouvernement australien, environ 250 éoliennes de pompage ont été installées dans le cadre de «El Gezira Agriculture Scheme»⁸⁴. L'absence de maintenance et surtout de pièces détachées a entraîné leur disparition, quoique des efforts aient été entrepris depuis la fin des années 1990. Des éoliennes de pompage sont actuellement utilisées au Nord, à Khartoum, au centre à Butana et les Etats du Nil. La technologie des éoliennes est relativement simple ; aussi les équipements peuvent être entièrement fabriqués à partir des matériaux locaux disponibles. En matière de production d'électricité à grande échelle, la compagnie d'électricité du Soudan (National Electricity Corporation: NEC) a signé un protocole d'accord avec le groupe OMENE Energy Africa⁸⁵, basé aux Emirats Arabes Unis, pour la construction et l'exploitation de fermes éoliennes dans des sites côtiers de la mer Rouge d'une capacité de 500 MW, et qui seraient réalisées par tranches de 100 MW. La formule retenue pour ce programme éolien à grande échelle est celui de producteur indépendant d'électricité (Independent Power Producer).

3.7 Le cas Tunisien

Le Plan Solaire Tunisien (PST) publié en 2009 et réactualisé en juillet 2011 contient les principaux objectifs et projets en matière d'ER, y compris la valorisation des résidus agro-industriels et l'efficacité énergétique. Il prévoit la réalisation de 40 projets dans les filières éoliennes et solaires durant la période 2010-2016. Tous ces projets contribueront à l'atteinte des objectifs fixés par le PST qui vise une production électrique de 16% à partir des énergies renouvelables en 2016 (soit 1000 MW) et de 40% en 2030 (soit 4700 MW). Concernant l'efficacité énergétique, le gouvernement tunisien espère réduire la demande de 40% en 2030.⁸⁶

⁸³ Renewable energy and energy efficiency partnership, Sudan (2010)

⁸⁴ A. M. Omer, Sudan energy background; an overview, Renewable Energy Journal, Vol.14, Nos (1-4), p.467-472, Elsevier Science Ltd, UK, 1998. Voir aussi A. M. Omer Wind energy activities in Sudan, Nottingham, United Kindom, www.ewec2007proceedings.info/allfiles2/55_Ewec2007fullpaper.pdf

⁸⁵ <http://www.omeneholdings.com/>

⁸⁶ Conférence sur « L'économie verte, solution à la crise », Tunis, 2012 (powerpoint)

Le PST prévoit la réalisation des projets suivants par filière :

- Solaire :
 - 6 projets d'applications thermiques : Chauffage de l'eau (résidentiel, individuel et collectif – tertiaire – industrie)/ Froid solaire/ Séchage solaire ;
 - 5 projets de PV décentralisé urbain et rural ;
 - 5 projets de PV et de CSP centralisé ;
 - 1 unité de fabrication PV.
- Eolien :
 - 3 projets : parcs éoliens totalisant 350 MW par la STEG, le privé et auto-producteurs.
- Efficacité énergétique :
 - 7 projets.

Une fois que tous ces projets auront été implantés, l'impact attendu du plan est de réduire la consommation d'énergies fossiles de 600 ktep par an, qui est équivalent à 22% de la consommation nationale d'énergie en 2016. En terme d'impact environnemental, le PST permettra de réduire les émissions de gaz à effet de serre de plus de 1,3 millions de tonnes de CO² par an.⁸⁷

Le coût estimé de ce plan atteint 3,369 million de DT (dinar tunisien), dont il est envisagé un financement du secteur public et privé distribué de la façon suivante :

- 256 MDT pour l'efficacité énergétique provenant du FNME ;
- 596 MDT du secteur public, principalement de la STEG ;
- 2,479 MDT du secteur privé dont 1,074 MDT étant affecté aux projets d'exportations vers l'Europe ; et
- 38 MDT de la part de la coopération technique.

3.7.1 L'Energie Solaire

La Tunisie devrait disposer à court terme d'une unité pilote CSP de 50 MW, sous l'égide de la STEG, qui devrait être mise en service à l'horizon 2015. Plusieurs autres unités CSP sont prévues comme le décrit le tableau suivant :

⁸⁷ PWMSP, Benchmarking, Country Report Tunisia,p.4

Tableau 15 : Projets d'unités de CSP en partenariat avec le secteur privé

Site /opérateur	Capacité	Observations
El Borma	Entre 40 et 50 MW Hybride solaire gaz dont 5 MW solaire	(Financement: don japonais, Etudes lancées)
Projet ELMED	100 MW en ER vers 2016	Inter-connexion avec Italie
Secteur privé	75 MW	Cadre réglementaire et tarifaire en cours de préparation. Recherche de promoteur

La centrale d'El-Borma sera réalisée en partenariat avec des entreprises japonaises et un financement de ce pays. En effet, Mitsui Engineering & Shipbuilding⁸⁸ Co. envisage de construire une centrale solaire en Tunisie afin d'être présent sur un marché porteur, actuellement dominé par des entreprises et initiatives européennes. Cette centrale devrait avoir une capacité de 5 MW et sera couplée avec une station de gaz à cycle combiné de 39 MW, associant turbines à gaz et à vapeur pour produire de l'énergie de manière plus efficace.

Quant au PV, le nombre d'installations va rester très important du fait de la faible taille unitaire des unités, généralement quelques dizaines à quelques centaines de Watts. La stratégie photovoltaïque de la STEG vise aussi bien les applications décentralisées dans le bâtiment que des centrales photovoltaïques⁸⁹.

Le programme des toits solaires au profit des ménages, devrait permettre de réduire, certes marginalement au départ, le recours aux énergies fossiles. Ainsi la facture électrique des ménages en sera considérablement diminuée par la cession de l'autoproduction à la compagnie d'électricité.

En matière de PV centralisé une étude de faisabilité, par un bureau allemand, est actuellement en cours pour la réalisation d'une centrale d'une capacité de 10 MW à l'horizon 2014. Les coûts estimés, les économies d'énergie et les émissions évitées du programme solaire thermique sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 17 : Projet de deux centrales CSP, l'une publique et l'autre privé.

Filière	capacité	Coût MDT	Economies tep/an	CO2 évité tCO2/an
Centrale CSP STEG	50 MW	355	16 500	38760
Centrale CSP privé	75 MW	450	49 500	116 280

⁸⁸ African Manager, 10/12/2010. http://193.95.93.174/detail_article.php?art_id=130741

⁸⁹ ANME, rencontres du solaire thermodynamique, Développement de la Production de l'Electricité par l'Energie Solaire Thermodynamique dans le cadre du PST en Tunisie, Kawther LIHIDHEB, Paris 7 juillet 2011

3.7.2 L'Énergie Éolienne

En matière de réalisation importante, la première expérience de production électrique éolienne de puissance date déjà de plus de 10 ans avec la centrale éolienne pilote de 10,56 MW, installée à Sidi Daoud et opérationnelle depuis le début de l'année 2000⁹⁰, grâce à un financement de la société espagnole MADE qui dispose d'une représentation en Tunisie. Deux extensions des capacités ont été réalisées en 2003 et 2007 avec respectivement 8,72 MW et 34,32 MW, soit une capacité totale d'environ 54 MW. L'exploitation du parc est assurée directement par la STEG.

Au plan environnemental, pour une production d'électricité éolienne estimée à 150GWh/an⁹¹, 33.000 tep de combustibles sont économisés et environ 93.000 t de CO₂ évitées⁹². Il faut également tenir compte des économies d'eau (11.000 m³) et des autres émissions particulièrement dangereuses: NOx (174 tonnes), SOx (190 tonnes), particules (9 tonnes).

Le parc éolien de la STEG atteint en 2011 environ 244 MW avec les réalisations de la centrale Metlin Khabta (120 MW) et son extension de 70 MW. Les coûts, les économies d'énergie et le CO₂ évités résultant du programme éolien existant et à court terme (2017), sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 18 : Programme éolien détaillé par coûts, économies d'énergie et CO² évités à horizon 2017

Site	Capacité MW	Coût MDT	Economies tep/an	CO ₂ évité tCO ₂ /an	Statut
Parc éolien Bizerte	190	570	142 500	334 000	Prévu pour 2011
Auto production EGCE	60	180	50 000	117 450	Etude de faisabilité
Parc éolien IPP	100	300	75 000	176 180	

Source: Plan solaire tunisien

⁹⁰ ONUDI, unité pour la promotion des investissements, Tunisie, le secteur des ER en Tunisie, avril 2002

⁹¹ STEG http://www.steg.com.tn/dwl/02_experience_energies_nouvelles_renouvelables.pdf

⁹² STEG

Chapitre 4

INSTRUMENTS DE PROMOTION DES ENERGIES RENOUVELABLES

4.1 Cadres législatif, réglementaire et financier

Dans la majorité des pays d'Afrique du Nord, d'importantes réformes des cadres institutionnels, législatifs et réglementaire (lois, décrets et arrêtés) ont été réalisées ces dernières années en vue de promouvoir les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique. Ainsi, des institutions spécifiques ont été créées et la réglementation revue pour favoriser, à des degrés divers, une plus grande ouverture du marché des énergies renouvelables. En matière de financement, des fonds ont été établis et des mécanismes de financement mis en place.

4.1.1 Algérie

Le cadre institutionnel du secteur de l'énergie compte une agence de promotion et de rationalisation de l'utilisation de l'énergie (APRUE) et une agence spécialisée dans le développement des énergies nouvelles et renouvelables (NEAL). Le développement des énergies renouvelables est encadré par un ensemble de textes législatifs :

La loi n°99-09 du 28 juillet 1999 relative à la maîtrise de l'énergie, instituant le Programme National de Maîtrise de l'Energie (PNME). Elle consacre la promotion des ER et leur utilisation. Les actions et projets inscrits dans le cadre du PNME sont réalisés grâce à l'apport du Fonds National de Maîtrise de l'Energie (FNME) qui vise à promouvoir aussi bien le marché national de la maîtrise de l'énergie que les projets d'ER. En application de cette loi, une stratégie et un dispositif institutionnel ont été mis en place, s'articulant autour de:

- l'Agence Nationale pour la promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Energie (APRUE), chargée de l'impulsion et de l'animation du processus de mise en œuvre des programmes et des actions de maîtrise de l'énergie,
- la mise en place d'un Conseil Intersectoriel de la Maîtrise de l'Energie (CIME), qui sert de lieu de concertation et de coordination entre les différents acteurs concernés par ce domaine.

La loi n°02-01 du 5 février 2002 relative à l'électricité et la distribution publique du gaz par canalisation, assure l'achat d'énergie d'origine renouvelable et la prise en charge des surcoûts y afférents. Cette loi consacre par ailleurs un régime spécial pour la production d'électricité à partir des ER en dérogation du régime commun. En application des dispositions de cette loi, notamment de l'article 26, le décret

n° 04-92 sur les coûts de diversification de la production d'électricité (tarifs de rachat), prévoit d'accorder des tarifs préférentiels pour l'électricité produite à partir des ER, la prise en charge du raccordement des installations et l'octroi d'une prime verte variant entre 100 et 300% du coût du kWh.

La loi n°04-09 du 14 août 2004 relative à la promotion des énergies renouvelables dans le cadre du développement durable institue un programme national de promotion des ER et les instruments permettant sa réalisation. Cette loi prévoit par ailleurs la création d'un observatoire national chargé de la promotion et du développement de l'utilisation des énergies renouvelables dénommé «Observatoire National de Promotion des Energies Renouvelables ».

En 2004, un décret sur la diversification de la production d'électricité (décret exécutif n°04-92 du 25 Mars 2004) a été promulgué par le gouvernement algérien. L'objectif du décret est de créer des incitations pour d'autres sources de production d'électricité que les modèles plus traditionnels. Au moment de la publication de cet ouvrage, le décret était unique en Afrique: pour la première fois sur le continent, un système de rémunération est défini avec précision pour l'électricité renouvelable.

Dans le détail, le décret définit la prime que le producteur d'électricité reçoit par kWh d'énergie renouvelable injectée dans le réseau. De façon plus détaillée, le décret prévoit les primes suivantes, qui sont payés au dessus du prix du marché de l'électricité.

1. Pour l'électricité provenant de l'énergie éolienne, la prime est de 300% (du prix par kWh de l'électricité tel qu'élaboré par l'opérateur du marché défini par la loi n°02-01 du 22 Dhou El Kaada 1422 correspondant au 5 février 2002).
2. Pour l'électricité provenant de l'énergie solaire entièrement, la prime est de 300%.
3. Pour l'électricité produite à partir d'installations utilisant de l'énergie solaire thermique par des systèmes hybrides solaire-gaz :
 - pour une contribution solaire 20 à 25% : la prime est de 180%
 - pour une contribution solaire 15 à 20% : la prime est de 160%
 - pour une contribution solaire 10 à 15% : la prime est de 140%
 - pour une contribution solaire 5 à 10% : la prime est de 100%
 - pour une contribution solaire 0 à 5% : la prime est nulle.
4. Pour l'hydroélectricité, la prime est de 100%.
5. Pour les installations de cogénération, la prime est de 160%.
6. Pour les installations d'incinération de déchets, la prime est de 200%.

L'Arrêté interministériel du 19 avril 2008 portant adoption du règlement technique relatif au module photovoltaïque définit les exigences techniques, réglementaires et administratives auxquelles est astreinte la commercialisation des modules photovoltaïques (PV) à base de silicium cristallin, pour application terrestre.

Suite à la promulgation de la loi sur l'électricité qui autorise la concurrence, 35% de la production de l'électricité sont maintenant assurés par des centrales qui appartiennent à des sociétés privées étrangères. L'électricité produite est vendue à SONELGAZ, qui est l'unique acheteur et également le distri-

buteur. En matière d'énergies renouvelables, les mesures incitatives mise en place sont insuffisantes pour stimuler les investissements privés. Une reformulation de la loi sur l'énergie renouvelable est actuellement en discussion.

En matière de financement, les lois de finance instituent des mécanismes de financement spécifiques aux ER. Ainsi, selon la loi de finances complémentaire (LFC) pour 2011 publiée fin juillet, le pourcentage de la redevance pétrolière consacrée au financement des actions et projets inscrits dans le cadre de la promotion des énergies renouvelables et de la cogénération passe de 0,5% à 1%. La LFC 2011 prévoit que les recettes de la fiscalité pétrolière s'établiront à 1 529,4 milliards de dinars. Un fonds national pour les énergies renouvelables a été établi par la loi de finances 2010. L'article 63 de la loi indique qu'un compte relatif à ce fonds est ouvert dans les écritures du Trésor et alimenté à hauteur de 0,5% par la fiscalité pétrolière. Les lois de finances étant votées annuellement, cela ne garantit nullement des moyens de financement prévisibles et pérennes.

4.1.2 Egypte

Malgré l'existence d'une agence spécialisée sur les énergies renouvelables (NREA: New and Renewable Energy Authority), il n'y a pas de loi spécifique dans ce domaine. Certaines dispositions de la loi sur l'électricité définissent les procédures pour la construction d'installations de raccordement au réseau à partir de générateurs d'énergies renouvelables et pour l'indemnisation de l'EETC (Egyptian Electricity Technology Company) pour l'achat d'énergie à des prix plus élevés que pour les autres sources. Des incitations économiques et financières ont été mises en place afin d'accélérer le développement des ER et de l'EE en Egypte. L'article 45 de la loi établit le processus pour l'acquisition de centrales de production d'électricité utilisant les énergies renouvelables. Il prévoit plusieurs options combinant un système d'appel d'offre concurrentiel et un tarif d'achat (feed-in tariff).⁹³

Le projet de loi sur l'électricité « encore sous ratification » prévoit trois mécanismes de production à partir de sources renouvelables (fermes éoliennes). Ces trois mécanismes sont :

1. Installations construites par NREA (2.200 MW)
2. Installations construites par appel d'offre (2.500 MW)
3. Installations construites à travers le tarif de rachat (2.500 MW)

L'article 47-50 prévoit la création d'un fonds nommé « Fonds pour le Développement de la Production Electrique à partir d'Energies Renouvelables », créé par le Conseil des Ministres. Ce fonds a pour objet de compenser l'EETC⁹⁴ pour l'achat d'énergie électrique provenant de générateurs d'énergies renouvelables. Le fonds sera financé principalement par des crédits du budget public de l'Etat. Les statuts du fonds et sa gouvernance seront fixés par décret.

⁹³ PWMSP-Benchmarking, Country Report Egypt, p.22

⁹⁴ Egyptian Electricity Technology Company

4.1.3 Libye

Bien qu'il existe une agence spécialisée (REAOL : Renewable Energy Authority of Libya) pour la promotion des énergies renouvelables, le développement d'instruments et de mécanismes de promotion des ER reste très faible. En effet, sur le plan législatif, aucune loi n'intègre ou n'encadre les ER, ni même leur financement. Les possibilités d'une éventuelle participation d'investisseurs privés se trouvent ainsi réduites.

Un projet de loi sur l'électricité pourrait contenir des mesures pour la promotion et le financement de l'ER et de l'EE, mais nulles mesures précises ne sont actuellement en place.

4.1.4 Maroc

Les cadres institutionnel et réglementaire ont connu au cours des années 2009 et 2010 des avancées significatives avec la loi n°13-09 sur le développement des ER, la loi n°16-09 relative à la création de l'Agence nationale pour le Développement des Energies Renouvelables et de l'Efficacité Energétique (ADEREE), la loi n°57-09 relative à la création de la MASEN⁹⁵ et la loi de finances 40-08 instituant le Fonds de Développement Energétique et la création de la Société d'Investissement Energétique (SIE).

Les principales avancées concernent:

- L'ouverture à la concurrence de la production d'électricité d'origine renouvelable ;
- L'accès au réseau électrique national en moyenne, haute et très haute tension pour tout producteur d'électricité d'origine renouvelable ;
- La possibilité d'exporter de l'électricité d'origine renouvelable par l'utilisation du réseau national et des interconnexions et ;
- La possibilité pour un développeur de construire une ligne de transport directe en cas d'insuffisance de capacité de réseau électrique national de transport et des interconnexions.

La création de l'ADEREE (qui a remplacé le CDER) a permis d'intégrer la dimension efficacité énergétique dans les attributions de l'Agence. Celle-ci a pour mission de contribuer à la mise en œuvre de la politique gouvernementale en matière d'énergies renouvelables et d'efficacité énergétique⁹⁶. Elle va ainsi disposer d'une compétence étendue en proposant à l'administration un plan national et des plans sectoriels et régionaux de développement des ER et de l'EE. L'ADEREE a aussi la possibilité de concevoir et de réaliser des programmes de développement dans les domaines des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique (article 3, loi 16/09).

La MASEN a été créée pour assurer la mise en œuvre du programme solaire marocain. Il s'agit d'une société anonyme à capitaux publics détenus à parts égales par l'Etat marocain, le fonds Hassan II pour le développement économique et social, l'ONE et la Société d'Investissement Energétique (SIE). MA-

⁹⁵ Moroccan Agency for Solar Energy

⁹⁶ Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement, loi n° 16-09 relative à l'Agence nationale pour le développement des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique

SEN a pour objet de réaliser, dans le cadre d'une convention avec l'Etat, le développement de projets intégrés de production d'électricité à partir d'énergie solaire, d'une capacité totale minimale de 2.000 MW. Bien qu'il soit spécifié que la production sera destinée en priorité aux besoins nationaux, une partie de l'électricité pourrait être exportée⁹⁷. La loi ne précise pas les filières technologiques solaires qui devraient être développées en priorité. Il est seulement stipulé que la puissance cumulée d'un projet doit être supérieure ou égale à 2 MW. Les tendances technologiques actuelles et l'ampleur du programme solaire marocain (2.000 MW) laissent supposer que la filière CSP sera privilégiée.

Sur le plan financier, la loi des finances 2009 a institué le fonds de développement énergétique pour la promotion du secteur énergétique, destiné à financer les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique. Ce fonds est doté d'un montant initial de 1 milliard de dollars fournis par l'Arabie Saoudite (500 millions), les Emirats Arabes Unis (300 millions de dollars) et le fonds Hassan II à hauteur de 200 millions de dollars. La SIE, créée en février 2010, est un fonds d'investissement pour les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique. Elle intervient par des prises de participation minoritaires actives dans des sociétés menant des projets concrets, rentables et dont la faisabilité industrielle est démontrée. Elle cherche en outre à optimiser les synergies et complémentarités avec ses partenaires institutionnels comme l'ADEREE, l'ONE, la MASEN. Ainsi, la SIE donnera la priorité aux énergies renouvelables surtout le solaire (hors centrales solaires qui seront développées par MASEN⁹⁸), l'éolien, la biomasse et l'hydraulique.

Par ailleurs, deux autres fonds, respectivement pour l'ER et l'EE sont en cours de création. Les principales caractéristiques du futur fonds des ER sont résumées dans le tableau suivant:

Tableau 19 : Propriétés des deux fonds pour l'ER et l'EE en cours de création

Taille et durée	1 à 2 milliards DH dont 50% issus d'investisseurs marocains, et 50% d'investisseurs internationaux Durée: 7 à 10ans
Participation SIE	La SIE investit 20% de la part marocaine. Contribution financière à l'identique de la partie marocaine pour les investisseurs internationaux (one to one matching)
Gestion	La Société de Gestion est contrôlée par La Compagnie Benjamin de Rothschild et Ascent Capital Partners, basées à Casablanca

Le FOGEEER⁹⁹ créé en 2007 issu d'un partenariat entre l'ADEREE et DAR AD-DAMANE¹⁰⁰ est un fonds destiné à garantir les crédits d'investissement consentis par les établissements de crédits aux en-

⁹⁷ Article 3 loi 57-09, juin 2010

⁹⁸ Selon la loi du 11-02-2010 portant création de MASEN, cette dernière est chargée des études, conception et développement des projets solaires intégrés. Cependant la SIE a pris une participation de 25% au capital de MASEN

⁹⁹ Fonds de Garantie pour l'Efficacité Energétique et les Energies Renouvelables

treprises et opérateurs marocains voulant investir dans les énergies renouvelables et dans l'efficacité énergétique. Le fonds est structuré par filière (chauffe eaux solaires, éolien, efficacité énergétique...) et permet une garantie de 70% de l'investissement, avec une subvention directe de 10% du coût total et une réduction de près de 1,5% sur les taux d'intérêts applicables.

Afin d'encourager la population à adopter des panneaux photovoltaïques sur les toits de leurs domiciles, l'ONE propose des mesures incitatives basées sur trois options d'achat :

- L'action directe : l'ONE achète et installe le kit de PV avec l'assistance du CDER et prévoit sa maintenance et son service après vente.
- Prestation de service : l'ONE commissionne une société privée proche des bénéficiaires pour installer le système photovoltaïque et prévoit un service après vente et recouvrement de créance.
- Action de partenariat : l'ONE fournit les panneaux photovoltaïques et des batteries pour les sociétés sélectionnées par appels d'offre, qui sont alors responsables de l'installation de l'équipement et les accessoires à leurs propres frais et également des garanties d'équipement, d'entretien et de service après-vente.¹⁰¹

Un autre programme intéressant « Energipro » a été développé par l'ONE en fin 2006. Il offre aux « Clients Grands Comptes » de l'ONE l'opportunité de produire de l'électricité pour couvrir leurs besoins énergétiques. L'ONE s'engage à transporter l'énergie produite du site de production vers le site de consommation, achetant l'excédent de l'énergie non consommée. Les conditions de participations sont les suivantes :

- Production d'électricité à partir des énergies renouvelables ;
- La production doit être destinée aux besoins de l'auto-producteur ;
- Respect des conditions de raccordement au réseau.

4.1.5 Mauritanie

La Mauritanie dispose depuis le début des années 2000 d'une Agence de Promotion de l'Accès Universel aux Services de base (APAUS)¹⁰² qui concerne l'énergie, essentiellement l'électricité, l'eau et les télécommunications. Cette mission s'inscrit dans le Cadre Stratégique de Lutte contre la Pauvreté (CSLP) et celui de l'atteinte des objectifs du Millénaire pour le Développement. Le champ d'intervention de l'APAUS est ouvert, mais il n'est nullement spécifié que la fourniture des services énergétiques doit dériver des sources d'énergie renouvelables.

¹⁰⁰ DAR AD-DAMANE est une institution financière qui a été créée en 1997 par Bank Al Maghrib et qui est destinée à faciliter aux PME en particulier, l'accès au financement en garantissant les crédits d'investissement et les crédits de fonctionnement nécessaires au financement du cycle d'exploitation.

¹⁰¹ PWMSP, Benchmarking Country Report Morocco

¹⁰² Loi 2001-06 portant création de l'APAUS révisée 2005-31

En revanche, le mandat de l'Agence pour le Développement de l'Électrification Rurale (ADER), créée en février 2000, est circonscrit au secteur de l'énergie rurale. L'ADER a pour mission la coordination et l'animation du processus d'électrification rurale décentralisée. Le Gouvernement délègue à l'ADER la maîtrise d'ouvrage du programme national d'électrification. L'ADER n'est pas tenu de recourir exclusivement aux ER; elle peut utiliser les réseaux basse tension/moyenne tension (BT/MT) isolés ou raccordés au réseau, et les kits solaires individuels. Les tarifs sont différents selon l'option choisie (solaire ou réseau) et le niveau de consommation¹⁰³.

La Mauritanie a créé en octobre 2010, une agence nationale de développement des énergies renouvelables (ANADER). Cette agence devrait être un outil stratégique en matière de conception, d'études et de réalisation des projets dans le secteur des énergies renouvelables. Elle vise également la création de conditions favorables au développement et à l'utilisation des compétences nationales, afin de permettre aux populations un accès rapide et transparent aux systèmes énergétiques fonctionnels, notamment en milieu rural. La Loi n° 2001 – 19 portant code de l'électricité ouvre le marché électrique au secteur privé. Sur le plan financier, les mécanismes utilisés sont : la Facilité Energie de l'UE, les Prêts concessionnels de la BID, les financements du PNUD et, les Protocoles d'accord avec les miniers.

4.1.6 Soudan

Au niveau législatif, les lois sur l'énergie sont assez limitées. Cependant la loi de 2000 sur l'électricité offre la possibilité au secteur privé d'investir dans la production d'électricité, le transport ou la distribution. Grâce à la loi sur l'investissement de l'année 2001, les investissements privés et étrangers ont été encouragés, ce qui a conduit à la construction de nouvelles centrales thermiques. Cependant, il y a peu de concurrence dans le secteur de l'électricité car la National Electricity Corporation (NEC) a le contrôle de toutes les activités dans le secteur, même s'il existe quelques générateurs diesel privés qui fournissent de l'électricité dans certaines régions et qui sont en dehors de la couverture du réseau national.

Le « Plan Stratégique National pour le Soudan » qui est une première depuis la signature de l'Accord de Paix inclut la construction de réseaux de distribution d'électricité et des projets d'électrification rurale pour promouvoir le développement économique durable.

Un autre plan rédigé un peu plus tôt en 2005, le « Sudan Renewable Energy Master Plan » a pour objectif de promouvoir l'utilisation des énergies renouvelables y compris des projets prioritaires tels que des installations de panneaux photovoltaïques et la biomasse de cogénération, de manière à éviter une dépendance énergétique ou technologique liée au secteur pétrolier.

¹⁰³ ADER, A. Ould Mohamed Mahmoud, le développement de la filière hybride à l'échelle nationale et les perspectives futures, Atelier de formation appliquée sur les solutions hybrides pour l'électrification rurale, Bamako 18-22-07-2011

Il n'existe pas d'agence spécifiquement dédiée aux ER. A titre d'exemple, l'Institut de Recherche Forestière (Forestry Research Institute) est chargé des technologies relatives aux énergies de la biomasse. L'Energy Research Institute (ERI) entreprend des recherches sur les ER et sur les programmes de développement et le Ministère de la Science et de la Technologie s'implique dans la recherche afin de promouvoir un développement économique durable dans le pays.

Le Soudan n'a pas encore développé d'outils et de mécanismes financiers en faveur des énergies renouvelables, mais les autorités soudanaises ont bénéficiées d'un prêt d'un montant de 93 millions de dollars (US) du Fonds de Développement Saoudien pour le projet « Le Bien du Nil » et pour la surélévation du barrage de Roseires visant à doubler sa capacité de production hydroélectrique. Dans le même temps, le Fonds Koweïtien pour le Développement Economique Arabe a accepté de prêter 52 millions de dollars (US) pour le même projet.

4.1.7 Tunisie

Dès le début des années 1980, la Tunisie a progressivement mis en place les instruments institutionnels et réglementaires pour la promotion des ER. Au plan institutionnel, l'ANME constitue aujourd'hui le principal outil pour la conception et la mise en œuvre de la politique en matière d'ER et d'EE. L'Agence est placée sous la tutelle du Ministère de l'Industrie et de la Technologie.

En 1985 et 1986, les grandes lignes du cadre réglementaire qui va progressivement évoluer sont définies par la promulgation de plusieurs lois et décrets¹⁰⁴, notamment le Décret-loi n°85-8 du 14 septembre 1985 relatif à l'économie d'énergie, ratifié par la Loi n°85-92 du 22 novembre 1985. C'est en vertu de ce texte qu'a été créée l'Agence de Maitrise de l'Energie (AME) qui deviendra ANER et actuellement ANME.

La mise en place du cadre réglementaire tunisien relatif aux énergies renouvelables s'est faite par la loi du 2 août 2004 amendée par la loi du 9 février 2009. Cette nouvelle loi prévoit que:

Tout établissement ou groupement d'établissements exerçant dans les secteurs industriels, agricoles et tertiaires sont autorisés à produire de l'énergie pour leur consommation propre et bénéficient du droit de :

- Transport de l'électricité produite par le réseau électrique national jusqu'à leurs points de consommation.
- Vente des excédents exclusivement à la STEG¹⁰⁵ (selon un contrat type approuvé par l'autorité de tutelle du secteur de l'énergie)

¹⁰⁴ Loi n° 85-48 du 25 avril 1985 portant encouragement de la recherche, de la production et de la commercialisation des ER; Décret-loi n°85-8 du 14 septembre 1985 relatif à l'économie d'énergie, ratifié par la Loi n°85-92 du 22 novembre 1985. C'est en vertu de ce texte qu'a été créée l'AME; Décret n°87-50 et 87-51 du 13 janvier 1987 portant institution des audits énergétiques obligatoires et de l'obligation de la consultation préalable de l'AME pour les projets grand consommateurs d'énergie

¹⁰⁵ Société Tunisienne de l'Electricité et du Gaz

Les conditions de transport, de vente des excédents et des limites supérieures sont fixées par décret.¹⁰⁶

Selon l'article 14 Ter de la loi n°2009-7, les particuliers et les connectés au réseau de basse tension sont autorisés à produire de l'énergie électrique pour leur consommation propre. La limite de la puissance installée sera fixée par décret.

Le décret n°2009-2773 du 28/09/2009, quant à lui, fixe les conditions de transport de l'électricité, produite à partir des énergies renouvelables et de la vente de ses excédents à la STEG.

- La vente exclusive à la STEG des excédents de l'électricité doit rester dans la limite de 30% de l'électricité produite annuellement ;
- Cette limite pourrait être dépassée pour les projets de production à partir de la biomasse sans dépasser 15 MW ;
- La puissance électrique installée des équipements de production de l'électricité doit être inférieur à la puissance électrique souscrite basse tension du producteur auprès de la STEG.

Dès le milieu des années 1980, la loi de finances 1985 et son article 79 instituent le fonds spécial des hydrocarbures et de la maîtrise de l'Energie financé par une taxe sur les hydrocarbures. Ce fonds spécial du trésor a été créé afin de promouvoir les réalisations dans le domaine des énergies renouvelables et de l'économie d'énergie. Ce fonds n'a fonctionné que très peu de temps. Il fut supprimé en 1987. Même s'il est difficile d'évaluer l'impact de ce fonds, il a l'avantage de poser les jalons pour les futurs mécanismes de financement indispensables au développement des ER. En matière de financement par des sources nationales, la loi du 15 août 2005 a créé le Fonds National de Maîtrise de l'Energie, alors que le décret du 22 août 2005 définit les montants et modalités d'octroi¹⁰⁷.

Un cadre incitatif pour la maîtrise de l'énergie a été établi par le gouvernement tunisien. Le décret n°2009-362 du 09/02/2009 fixe les taux et les montants des primes relatives aux actions concernées par le régime pour la maîtrise de l'énergie ainsi que les conditions et les modalités de leur octroi comme suit :

- Projet d'éclairage rural et pompage de l'eau par énergie solaire et énergie éolienne pour les fermes agricoles et les projets ruraux : une prime de 40% et un plafond de 20.000 DT (dinar tunisien) ;
- Installations photovoltaïques connectées au réseau : une prime de 30% avec un plafond de 15000 DT ;
- Production de biogaz : une prime de 40% avec un plafond de 20.000 DT ;
- Installations de biogaz dans le but de produire de l'électricité : une prime de 20% et un plafond de 100.000 DT ;

¹⁰⁶ Conférence sur « L'économie verte, solution à la crise », Tunis, 2012

¹⁰⁷ Loi No 2005-82 du 15août 2005 et décret no 2005-2234 du 22 août 2005.

- Chauffage solaire de l'eau
 - Secteur résidentiel et petits métiers :
200 DT pour les systèmes dont la surface de capteur est comprise entre 1 et 3 m² ;
400 DT pour les systèmes dont la surface de capteur est comprise entre 3 et 7 m² ;
 - Secteur industriel et tertiaire : 30% de l'investissement.

D'autre part, les matières premières, produits semi-finis et équipement utilisés dans la maîtrise de l'énergie bénéficient d'avantages fiscaux comme la suspension de la TVA et la réduction de 10% des droits de douanes¹⁰⁸.

4.2 Développement des capacités industrielles

Le renforcement du tissu industriel est un axe fondamental des stratégies de développement des ER. L'Algérie par exemple, prévoit d'atteindre un taux d'intégration des capacités industrielles de 80% dans le solaire photovoltaïque et de 50% dans le solaire thermique et dans l'éolien, sur la période 2014-2020.

Il existe dans la plupart des pays d'Afrique du Nord des entreprises déjà impliquées dans la production de biens d'équipement et de services en matière d'ER et d'EE et des projets importants sont actuellement en cours. Le tableau suivant donne un aperçu des capacités de production par filières.

Tableau 20: capacités industrielles par filières

Filière	Champ d'intervention
Efficacité énergétique	Expérience confirmée en matière d'audits énergétiques dans plusieurs pays de la région (Algérie, Tunisie, Maroc, Egypte)
	Production de lampes basse consommation en Tunisie
Chauffe-eaux solaires	Revendeurs-Installateurs dans tous les pays
	- Fabrication à grande échelle en Egypte et en Tunisie. Dans ce dernier pays SOFTEN (partenariat avec Giordano), leader sur le marché tunisien, a une capacité de production de 35 000 CES/an ¹⁰⁹ . - Au moins 10 fabricants en Egypte
Photovoltaïque	Expérience confirmée en matière de dimensionnement et installation dans tous les pays
	Fabrication de composants électroniques et électriques dans plusieurs pays (régulateurs, batteries) - Unités d'encapsulation en Algérie, Algerian PV Company à Tlemcen depuis avril 2011, capacité 12 MW. Projets pour la fabrication de composants (onduleurs).

¹⁰⁸ Conférence sur « L'économie verte, solution à la crise », Tunis, 2012

¹⁰⁹ SOFTEN (Société franco-tunisienne d'Energie Nouvelle). <http://www.giordano.fr/soften-societe-franco-tunisienne-d-energie-nouvelle>

	<p>- EDIELEC (compagnie privée algérienne): capacité 12 MW (50 000 panneaux/an de capacité 80 Wc, 160 et 260 Wc. Panneau hybride prévu (électricité et chauffage de l'eau). Investissement 1,5 M€. Unité opérationnelle avant fin semestre 2012¹¹⁰. Taux d'intégration assez élevé. Verre plat et aluminium fournis par des entreprises privées locales (Mediterranean Float Glass, filiale de CEVITAL pour le verre, et Satal+ pour l'aluminium). Photopiles importées d'Europe. Approvisionnement possible à partir de l'unité de la Compagnie Engineering de l'Electricité et du Gaz (CEEG) quand elle sera mise en service.</p> <p>- Unité de production en construction de panneaux PV de 116 MWc/an à Rouiba par Compagnie l'Engineering de l'Electricité et du Gaz (CEEG), filiale de Sonelgaz. Partenariat avec groupe allemand Centrotherm / Kinetics. Entrée en service probable 2013-2014.</p> <p>-Appel de Sonelgaz: manifestation d'intérêt pour une unité de silicium.</p>
Eolien	Capacités en Egypte pour certains composants comme les tours, les pales, travaux mécaniques et électriques.

Le développement des centrales solaires à concentration de grande taille nécessite des capacités de production importantes dans plusieurs branches industrielles, notamment les industries du verre pour les miroirs, de l'acier pour les structures métalliques et autres équipements, ainsi que les industries électriques et électroniques. Les pays de la région disposent d'une certaine expérience et des capacités de production pour la plupart des composants des CSP. Les entreprises concernées travaillent généralement avec des partenaires étrangers. Pour les industries du verre, des capacités importantes existent en Egypte et en Algérie avec la compagnie CEVITAL qui est membre du consortium Desertec Industrial Initiative (DII). La qualité du verre¹¹¹, qui dépend du procédé utilisé, est un critère fondamental pour la fabrication des miroirs pour le CSP. Le tableau suivant résume les capacités de production du verre miroir pour CSP en Afrique du Nord.

Tableau 21: Capacités de production du verre miroir pour CSP en Afrique du Nord¹¹²

Compagnie	Pays	Usage	Capacité
Egyptian Glass Company	Egypte	Construction, miroiterie, industrie automobile	1 four avec 160 000 tonnes/an
Sphinx glass co.	Egypte	Différentes épaisseurs mais ne convient pas au CSP	1 four avec 200 000 tonnes/an (prévu en 2011)
Saint-Gobain	Egypte	Verre float	1 four de 160 000 tonnes/an
Mediterranean Float glass/ CEVITAL	Algérie	Verre float	3 lignes de 600, 700 et 900 t/jour

¹¹⁰ Maghreb Emergent, 2-12-2011.

¹¹¹ Il existe plusieurs procédés pour la production du verre. Seul le verre «float» ou verre flotté répondant à certains critères (épaisseur etc.) basé sur le procédé float peut convenir pour la fabrication de miroirs utilisés dans le CSP.

¹¹² ESMAP, chapt 2 review of manufacturing capabilities and potential in MENA countries, voir notamment 2.1 review of the main CSP-related industrial sectors and companies in the MENA region.

La production de verre «float» dans les deux pays (Algérie et Egypte) est actuellement destinée à d'autres usages (bâtiment, agro-alimentaire, industrie automobile). Compte tenu du niveau de la demande interne, cela suppose un développement des capacités de production de verre float dans les pays de la région et des investissements importants dans la mesure où une unité moderne d'une capacité de 600 t/j requiert un investissement de l'ordre de 160 à 180 millions de dollars¹¹³. Les stratégies actuelles de développement des centrales thermiques solaires, la forte intensité en capital de ces industries et l'insuffisance de ressources financières offrent des opportunités pour des projets régionaux dans le cadre d'une stratégie régionale de sécurité et d'indépendance énergétique.

Dans quatre pays d'Afrique du Nord (Algérie, Egypte, Maroc et Tunisie), des capacités de production d'acier existent, mais la demande est assez élevée. Au-delà de la disponibilité de l'acier, cela suppose l'existence d'entreprises en mesure de produire des biens d'équipement sur commande avec des standards élevés. Les expériences récentes des trois CSP réalisés en Afrique du Nord montrent que la majeure partie des équipements a été importée dans le cas de l'Algérie et du Maroc. Le taux d'intégration est plus élevé en Egypte avec environ 60% de la valeur ajoutée générée localement, grâce notamment au génie civil (ORASCOM) et à la sous-traitance locale pour les structures et autres équipements métalliques¹¹⁴.

La Libye envisage de développer ses capacités locales de production en créant des entreprises en joint venture dans les domaines suivants :

- Systems thermiques de chauffage d'une capacité de production de 40,000 unités
- Systèmes PV d'une capacité de production de 50 MW.

Un marché régional permettrait aux entreprises de bénéficier d'économies d'échelle et par conséquent de réduire leurs coûts, ce qui accroîtrait la rentabilité financière des entreprises et favoriserait l'émergence de pôles industriels régionaux.

4.3 Recherche-Développement et nécessité d'une masse critique

La recherche-développement (R&D) constitue un axe important pour la maîtrise à long terme des technologies, le développement des savoirs et l'amélioration des performances énergétiques.

A la différence des ressources fossiles, les énergies renouvelables vont encore connaître des développements technologiques importants dans la plupart des filières, y compris la filière éolienne, dont les coûts ont considérablement baissé au cours de ces dix dernières années. Cette baisse tendancielle des prix est également valable pour les autres ER. Une moindre dépendance énergétique et surtout la création de valeur ajoutée à partir du développement de programmes pérennes d'ER dans l'espace nord africain suppose une masse critique en matière de R&D et une mise en relation entre les principaux

¹¹³ World Bank, ESMAP, review of manufacturing capabilities and potential in MENA countries.

¹¹⁴ World Bank/ESMAP, Middle East and North Africa Region Assessment of the Local Manufacturing Potential for Concentrated Solar Power (CSP) Projects, January 2011.

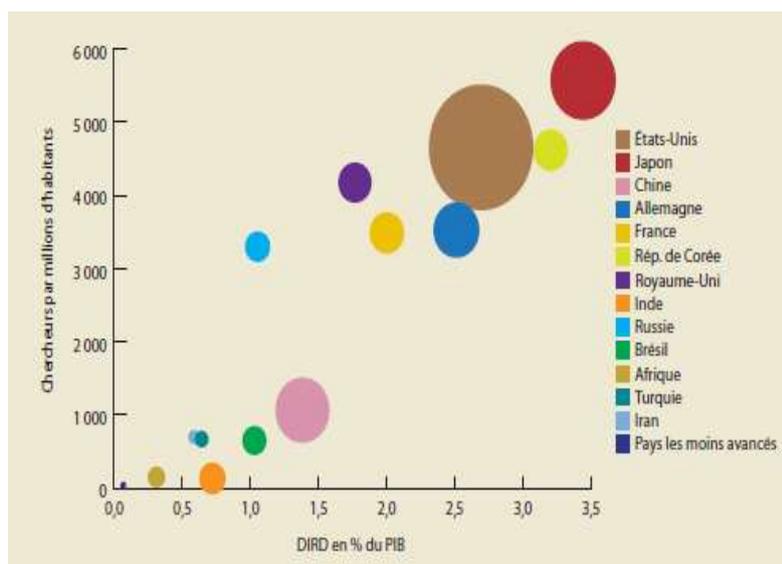
opérateurs (compagnies d'électricité, industries) et les centres de recherche. L'objectif de cette section vise à :

- Analyser la place de la région en matière de R&D par rapport au reste du monde et,
- Identifier les structures régionales impliquées dans la formation et la R&D en matière d'ER dans la région.

4.3.1 La place de la Recherche- Développement en Afrique

Les dépenses en recherche et développement (R&D) constituent des indicateurs pertinents pour mesurer les efforts des pays ou des régions dans ce domaine. Certes, dans le cadre d'une étude plus exhaustive, d'autres indicateurs devraient être pris en considération comme la production de brevets et les synergies entre la R&D et l'industrie. Des données récentes de l'UNESCO montrent la faiblesse des dépenses d'investissement en R&D en Afrique. Indépendamment des branches industrielles, ces dépenses constituent un investissement indispensable pour se positionner favorablement dans le commerce mondial des biens et services à forte valeur ajoutée (Figure 18).

Figure 18: Investissements en R&D au niveau mondial en termes absolus et relatifs en 2007¹¹⁵



Les données en abscisses représentent les dépenses d'investissement en % du PIB.

La dimension des disques représente l'importance des dépenses en R&D pour chaque pays ou groupe de pays.

Ces données agrégées au niveau de l'Afrique ne permettent de saisir que partiellement la place des pays de l'Afrique du Nord. En revanche, ces statistiques au niveau continental sont suffisamment indicatives de la nécessité d'une augmentation considérable des dépenses de R&D dans la région. Ceci est d'ailleurs conforté par l'indicateur sur l'intensité de la R&D des Etats arabes d'Afrique qui est plus représentatif des pays de la région Afrique du Nord (Tableau 22).

¹¹⁵ Rapport de l'UNESCO sur la science 2010, résumé exécutif.

Tableau 22 : Intensité comparative de la recherche-développement en 2007¹¹⁶

	Chercheurs	% monde	Par million habitant	Dépenses par chercheur (US\$)
Union Européenne	1 448 300	20	2936	182 900
Afrique du Sud	19 300	0,3	393	225 600
Etats arabes d'Afrique	98 400	1,4	477	33 300

Dépenses en parité de pouvoir d'achat (PPA); chiffres arrondis

4.3.2 Panorama des structures régionales de formation et de R&D en énergie renouvelable en Afrique du Nord

Au niveau des différents pays de la région, surtout en Algérie, au Maroc et en Tunisie, il existe des structures de recherche - développement depuis le début des années 1980 dans la plupart des filières d'énergies renouvelables. Cependant, il y a très peu de synergies avec les industries, ce qui constitue une contrainte majeure à la valorisation de la recherche - développement et à la création de produits nouveaux à forte valeur ajoutée.

Plus récemment, certains pays comme l'Algérie, le Maroc et la Tunisie se sont dotés de nouvelles structures de R&D et encouragent les échanges entre les entreprises, les différents centres de recherches et les réseaux spécialisés dans les énergies renouvelables.

Au Maroc l'Institut de Recherche en Energies Solaires et en Energies Nouvelles (IRESEN¹¹⁷) a été créé en février 2011 afin de soutenir la stratégie nationale et la traduire en projets de R&D. L'IRESEN a déjà lancé deux appels à projets destinés à promouvoir le solaire thermique (InnoTherm I & InnoTherm II)¹¹⁸.

En Algérie, un Institut des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique (IAER)¹¹⁹ a été créé avec pour objectif : la promotion de la recherche appliquée, la valorisation des résultats de la recherche et la réalisation d'installations pilotes de démonstration dans le domaine des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique. L'institut dispensera des formations dans les domaines de l'engineering, de la sûreté et de la sécurité, de l'audit énergétique et du management des projets.

¹¹⁶ Rapport de l'UNESCO, op cit.

¹¹⁷ Ces appels d'offres concernent d'une part la simulation et modélisation (InnoTherm I) d'autre part le stockage, le réseau, le dessalement, le froid, four solaire (InnoTherm II). Voir www.iresen.org

¹¹⁸ Pour plus de détails, voir www.iresen.org

¹¹⁹ Décret du 27-01-2011 portant création de l'Institut algérien des énergies renouvelables.

Il existe également une Unité de Développement de la Technologie du Silicium (UDTS) au sein du Ministère de la recherche scientifique qui mène des actions de recherche et de formation post- graduée dans les domaines des sciences et des technologies des matériaux et dispositifs à semi-conducteur pour des applications dans plusieurs domaines notamment le photovoltaïque¹²⁰. Une université panafricaine spécialisée dans les ER et la recherche sur le changement climatique devrait être opérationnelle fin 2012.

En Tunisie, le Plan Solaire prévoit la création d'un Centre International de Formation supérieur des ER et de l'EE et d'un Laboratoire International des Technologies des Energies Solaires.

La Mauritanie a mis récemment en place un Master en énergies renouvelables à la Faculté des Sciences et Techniques.

L'élaboration et l'adoption d'une stratégie régionale permettrait une optimisation des moyens au niveau de la région, ce qui permettrait de mieux répondre au défi d'un développement relativement endogène des ER, tenant compte des spécificités économiques et sociales des pays de la région. Une telle stratégie permettrait une spécialisation par filière afin de disposer d'une masse critique permettant des échanges scientifiques accrus et institutionnalisés entre les chercheurs de la région mais aussi avec les partenaires du Nord.

Au-delà des structures nationales de R&D présentes dans la région¹²¹, il existe quelques instances/ réseaux régionaux spécialisés qui œuvrent pour le développement des capacités et la coopération régionales (eg : RCREEE, MEDREC, MEDENER). Aucune de ces structures ne regroupe l'ensemble des pays de la région Afrique du Nord (*Tableau 23*)

¹²⁰ MEM, Programme des énergies renouvelables

¹²¹ On peut citer en Algérie, le CDER, l'Unité de Développement de la Technologie du Silicium, en Tunisie, Centre de Recherches et des Technologies de l'Energie, au Maroc, l'ADEREE et plus récemment l'Institut de Recherche en Energie solaire et en Energies Nouvelles (IRESEN) au Maroc etc.

Tableau 23 : Structures régionales opérant dans le développement des capacités

Structure et localisation ¹²²	Objectifs et thématiques	Pays de la région	Principales activités liées au développement des capacités et à la R&D
RCREEE ¹²³	Politiques et stratégies, R&D, Développement des capacités	Tous sauf Mauritanie	Formation en énergie éolienne (conception, exploitation et maintenance, software) Financement des ER y compris tarifs de rachat, audits énergétiques, labellisation, codes réseau (grid codes) Bourses pour jeunes chercheurs (internship)
MEDREC	Formation et diffusion de l'information; développement des projets pilotes	Tous sauf Mauritanie et Soudan	Étude sur l'identification des besoins en renforcement des capacités en ER en Afrique du nord (2009-01-10) Cycle de formation sur le CES Programme de renforcement des capacités sur l'MDP
MEDENER	Renforcer le partenariat interrégional:savoir-faire et "bonnes pratiques"	Algérie, Maroc, Tunisie	Événements sur les ER pour les pays méditerranéens et élaboration de propositions conjointes à soumettre aux instances internationales. Activités marginales en matière de R&D et développement des capacités

Ces réseaux sont en grande partie financés par des sources étrangères. A titre d'exemple, le Danemark, l'Allemagne et l'UE fournissent une grande partie des ressources financières, ce qui explique que certaines activités correspondent davantage aux intérêts à court ou long terme des bailleurs de fonds. Cette tendance renforce la nécessité d'une réflexion sur la mise en place d'une structure régionale en R&D émanant des pays de la région. En effet, pour la quasi totalité des pays de la région, les ER et l'EE constituent maintenant une priorité avec des stratégies et des indicateurs de mesure des objectifs à atteindre. La R&D constitue également une composante importante de ces stratégies.

¹²² RCREEE: Regional Center for Renewable Energy an Energy Efficiency, MEDENER : Association méditerranéenne des agences nationales de maîtrise de l'énergie, MEDREC: Centre Méditerranéen des Energies Renouvelables

¹²³ Pour plus d'informations, voir RCREEE, A. Bida, Renewable Energy and Energy efficiency capacity building in RCREEE Member states, Réunion d'Experts UNECA, Rabat, 12-13 janvier 2012.

Chapitre 5

LES DEFIS DE LA COOPERATION REGIONALE

Les pays d'Afrique du Nord font face à des défis similaires en termes de sécurité énergétique même s'ils ne disposent pas des mêmes ressources. Ils doivent répondre à une importante croissance de la demande énergétique, actuellement majoritairement couverte par l'énergie fossile subventionnée. Cela s'est traduit par des politiques plus ou moins marquées visant à accroître significativement la part des ER dans le mix énergétique (moins de 3% de la capacité de génération de l'électricité). Des investissements significatifs ont ainsi été réalisés depuis 2009. Toutefois, de nombreux obstacles subsistent en termes de financement pour réaliser les investissements considérables requis, de formation, de recherche-développement et, d'intégration industrielle qui demeure freinée par la taille limitée des marchés .

Les solutions à ces défis ne pourront être apportées que dans le cadre d'une véritable stratégie régionale de coopération qui tire parti des opportunités et des complémentarités existantes ; et définit des règles communes pour la création d'un marché intégré de l'électricité et l'établissement de partenariats innovants, notamment sur le plan du développement des capacités, de l'échange d'expériences et du transfert de technologies. Ainsi, les efforts pourraient notamment s'orienter vers :

- la promotion du transfert de technologies en renforçant les réseaux d'échanges de connaissances et d'expériences, ainsi que les partenariats entre pays, pour la réalisation de projets concrets ;
- le développement d'une approche industrielle structurée ;
- L'optimisation des infrastructures d'interconnexions transfrontalières actuellement sous utilisées et leur renforcement.

Aujourd'hui, la région est considérée comme la moins intégrée du monde, alors qu'elle dispose d'atouts significatifs: potentiel en main d'œuvre jeune, expériences avérées dans les domaines du chauffe eau solaire, de la technologie PV et de l'éolien, présence de plusieurs centres d'expertise et réseaux (eg : RCREEE, MASTAR Institue d'Egypte). Les efforts de coopération pourraient également s'inscrire dans le cadre de la mise en œuvre de la stratégie Pan Arabe des ER (2010-2030).

La coopération avec les pays du nord se renforce dans le cadre de partenariats bilatéraux et d'initiatives régionales comme le Plan Solaire Méditerranéen (PSM) et Desertec. En effet, les financements et les technologies relativement complexes requis, notamment en ce qui concerne l'option prise par les pays de développer le CSP, ne pourront être mobilisés que dans le cadre d'un partenariat avec des institutions et des pays du Nord.

Dans ce cadre, l'Union Européenne joue un rôle clé. Une étude sur l'intégration progressive du marché de l'électricité de l'Algérie, du Maroc et de la Tunisie dans le marché de l'Union Européenne a été réalisée par la Délégation de l'Union Européenne en Algérie. L'objectif général de cette étude était d'harmoniser le cadre législatif et réglementaire, ainsi que la structure industrielle des pays bénéficiaires pour créer un marché de l'électricité national et régional ; et rendre compatibles dans un deuxième temps ces instruments avec les standards européens afin de pouvoir intégrer ces marchés à celui de l'Union Européenne.

L'initiative DII a pour objectif de créer à long terme un marché EU-MENA en facilitant l'intégration des marchés locaux d'électricité au système européen. L'initiative travaille actuellement avec l'Algérie, la Tunisie et le Maroc. Un premier projet CSP a été concrétisé avec la MASEN au Maroc. D'autres projets, dits de référence, sont prévus en Algérie¹²⁴, en Egypte et en Tunisie.

Le Plan Solaire Méditerranéen (PSM) vise à appuyer la mise en œuvre de projets à grande échelle à partir des énergies renouvelables, l'interconnexion des réseaux et l'efficacité énergétique. Des études détaillées allant dans le sens d'une intégration entre les pays méditerranéens du Sud et l'UE ont déjà été réalisées. Les projets pilotes menés actuellement au Maroc, en Egypte et en Tunisie s'inscrivent dans le cadre du PSM.

Le projet «Paving the Way for the Mediterranean Solar Plan Project (PWMSP)» financé par l'UE vise à faciliter l'intégration entre les deux rives de la méditerranée à travers un soutien à la mise en œuvre de politiques énergétiques durables et le développement des capacités. Seulement quatre pays méditerranéens de la région (Algérie, Egypte Maroc, et Tunisie) sont parties prenantes du projet.

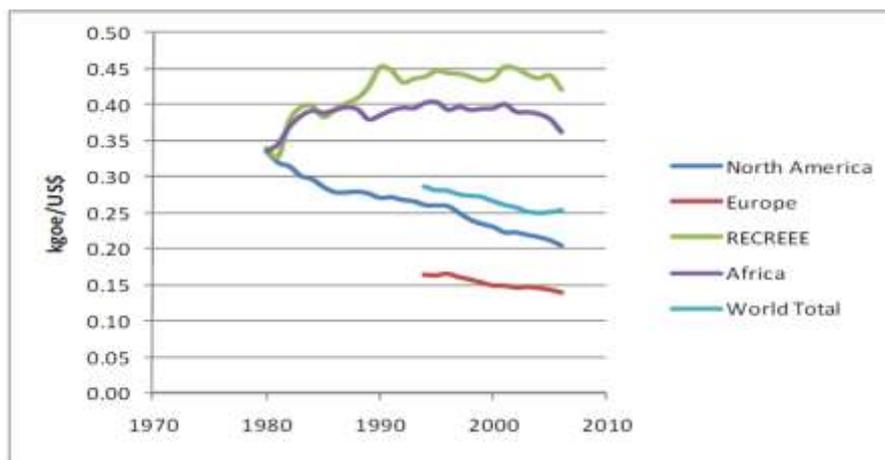
¹²⁴ Sonelgaz a signé à Bruxelles avec DII une convention de partenariat en décembre 2011.

Chapitre 6

LES POLITIQUES D'EFFICACITE ENERGETIQUE

L'objectif des politiques d'efficacité énergétique est de maintenir la même qualité de service avec une consommation moindre. L'efficacité énergétique constitue, dans beaucoup de cas, le gisement le moins cher en matière de développement des services énergétiques tout en minimisant les émissions de GES. L'intensité énergétique est certainement l'indicateur le plus pertinent pour mesurer la performance des agents économiques dans ce domaine. Une analyse comparative mondiale des intensités énergétiques montre que celles-ci sont relativement élevées en Afrique du Nord et au sein du continent africain dans son ensemble (figure 19). Cette constatation alarmante signifie également que le gisement d'économie d'énergie est considérable. Dans un contexte de rareté de la ressource financière, l'EE devrait être inscrite parmi les priorités en matière de développement énergétique et économique durables, compte tenu du faible impact environnemental et de la bonne rentabilité des investissements. Le plus souvent, le délai de récupération du capital est très court, comme par exemple dans le cas des lampes à basse consommation. Il est d'ailleurs prévu qu'au sein de l'espace de l'UE, les lampes à incandescence ne seront plus commercialisées à partir de 2012.

Figure 19: Comparaison régionale des intensités énergétiques (kgep/\$US au prix du marché 2005)¹²⁵



¹²⁵ RECREEE, Policies for Energy Efficiency and Renewable Energy in the RECREEE Group of Countries December 2009, revised April 2010.

L'analyse du graphe révèle que l'intensité énergétique en Europe, quoique relativement faible, a encore sensiblement baissé, alors que celle de l'Afrique du Nord et de l'Afrique dans son ensemble reste très élevée et la tendance n'est pas à la baisse. Face à ce constat, tous les pays d'Afrique du Nord ont développé des stratégies de gestion rationnelle de la demande, plus particulièrement en faveur des ménages qui absorbent une grande partie de la consommation d'électricité. Les actions entreprises incluent l'introduction des lampes à basse consommation d'énergie, des actions de sensibilisation et des incitations financières.

Ces mesures ne nécessitent que de faibles investissements, dans certains cas l'investissement est négligeable, voire nul, dans la mesure où la simple modification des comportements des acteurs économiques (ménages, industrie, administration) peut conduire à des économies substantielles. Toutefois, ces gains ne sont pas automatiques et résultent soit de pressions économiques ou d'actions de sensibilisation accompagnées d'incitations financières. A titre d'exemple, des gains considérables ont été réalisés dans les pays du Nord lors de la revalorisation des prix pétroliers mondiaux (1^{er} choc pétrolier) lors de la première moitié des années 1970. Cela s'est concrétisé par une diminution de l'intensité énergétique et le découplage des taux de croissance de l'économie exprimés en unités monétaires ; et ceux de la consommation énergétique en unités physiques.

L'intégration de l'EE dans les politiques énergétiques est prise en compte dans la plupart des pays. Des institutions spécifiques ont parfois été créées et des mécanismes incitatifs développés pour promouvoir l'efficacité énergétique. La Tunisie, l'Egypte et l'Algérie ont préparé leur plan d'action national d'EE avec l'appui du RCREEE.

6.1 Le cas Algérien

En **Algérie**, l'Agence pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Energie (APRUE) a été créée dès 1985 avec un statut d'Etablissement à caractère public et industriel. Dans le cadre de la loi n° 99- 09 du 28 juillet 1999 relative à la maîtrise de l'Energie, l'agence est notamment chargée:

- De la mise en œuvre et du suivi du Programme National de Maîtrise de l'Energie (PNME);
- De la sensibilisation de la diffusion de l'information sur la maîtrise de l'énergie;
- Du montage de programmes et de projets sectoriels en partenariat avec les secteurs concernés (industrie, bâtiment, transports etc.).

Le financement de la maîtrise de l'énergie est assuré par le Fonds National de Maîtrise de l'Energie (FNME) institué par la loi des finances 2000. Un arrêté interministériel fixe les domaines éligibles au FNME. La loi de finances 2000 avait fixé les taxes pour alimenter le FNME¹²⁶.

En février 2011, le conseil des ministres a adopté le programme triennal des ER et de l'EE¹²⁷. En matière d'EE, ce programme comprend les 8 volets suivants:

- L'isolation thermique des bâtiments;

¹²⁶ 0,0015 DA/thermie pour le gaz naturel haute et moyenne pressions) - 0,02 DA/kWh pour l'électricité HT et MT).

¹²⁷ Ministère de l'Energie, Programme des énergies renouvelables et efficacité énergétique, mars 2011.

- Le développement du chauffe-eau solaire;
- La généralisation de l'utilisation des lampes basse consommation;
- L'introduction de l'efficacité énergétique dans l'éclairage public;
- L'aide à l'introduction de l'efficacité énergétique dans le secteur industriel et les établissements grands consommateurs d'énergie, par la réalisation d'audits et l'aide aux projets d'économie d'énergie;
- La conversion au cycle combiné des centrales électriques quand cela est possible;
- La réalisation de projets pilotes de climatisation au solaire.
- L'augmentation de la part de marché du GPL/C (Gaz de Pétrole Liquéfié/Carburant) et la promotion du GNC (Gaz Naturel Carburant);

C'est ainsi qu'à l'horizon 2020, il est prévu d'augmenter la part de marché du gaz de pétrole liquéfié carburant (GPL/C) dans le parc automobile, à hauteur de 20%. Dans ce cadre, l'APRUE a élaboré un programme triennal d'efficacité énergétique pour la période 2011-2013. Il convient de remarquer que ce programme comprend des actions de substitution dans le domaine de l'utilisation des carburants, par la promotion du gaz naturel et du GPL/carburant dans le secteur des transports. De plus, l'Etat s'engage à octroyer une aide financière directe aux bénéficiaires qui souhaiteraient convertir leurs véhicules au GPL/C¹²⁸.

L'APRUE avec les OPGI (Office de Promotion et de Gestion Immobilière) ont élaboré un projet intitulé ECOBAT qui engage à partir de 2011 la réalisation de 600 logements à hautes performances énergétiques. Les objectifs visés par ces programmes sont globalement similaires et concernent:

- L'amélioration du confort thermique dans les logements et la réduction de la consommation énergétique pour le chauffage et la climatisation ;
- La mobilisation des acteurs du bâtiment autour de la problématique de l'efficacité énergétique ;
- La réalisation d'actions démonstratives à l'échelle du territoire, preuve de la faisabilité des projets à hautes performances énergétiques ;
- Le déclenchement d'un effet d'entraînement des pratiques de prise en considération des aspects de maîtrise de l'énergie dans la conception architecturale.¹²⁹

À cela s'ajoute la climatisation solaire qui est une application à promouvoir notamment au sud du pays d'ici 2013. Des études seront lancées pour s'approprier et maîtriser les techniques de rafraîchissement solaire. Et enfin, le programme de maîtrise de l'énergie dédié aux collectivités locales qui consiste à substituer la totalité des lampes à mercure qui sont énergétivores par des lampes à sodium qui sont beaucoup plus économiques.

¹²⁸ MEM, Programme de développement des énergies renouvelables p.15

¹²⁹ L'Efficacité Énergétique dans les pays du sud et de l'est de la méditerranée, p22, MEDENER

6.2 Le cas Egyptien

En **Egypte**, le gouvernement a élaboré un plan national pour la conservation de l'énergie et a mis en place un groupe de coordination pour la promotion de l'efficacité énergétique. Les actions concernent aussi bien la demande que l'offre. Du point de vue de la demande, l'accent est mis sur la diffusion des lampes à basse consommation, l'éclairage public, le bâtiment et la diffusion des CES. Du point de vue de l'offre, les turbines à gaz à cycle combiné constituent un axe qui est privilégié.

Lors d'une première phase, environ 6,2 millions de LBC ont été commercialisées par les compagnies d'électricité. Lors d'une seconde phase lancée en 2010, 3 millions de lampes ont été distribuées grâce à des mesures financières comprenant des réductions importantes sur le prix de vente (-50%), des versements échelonnés sur 12 mois et des garanties de 18 mois à partir de la date d'achat.

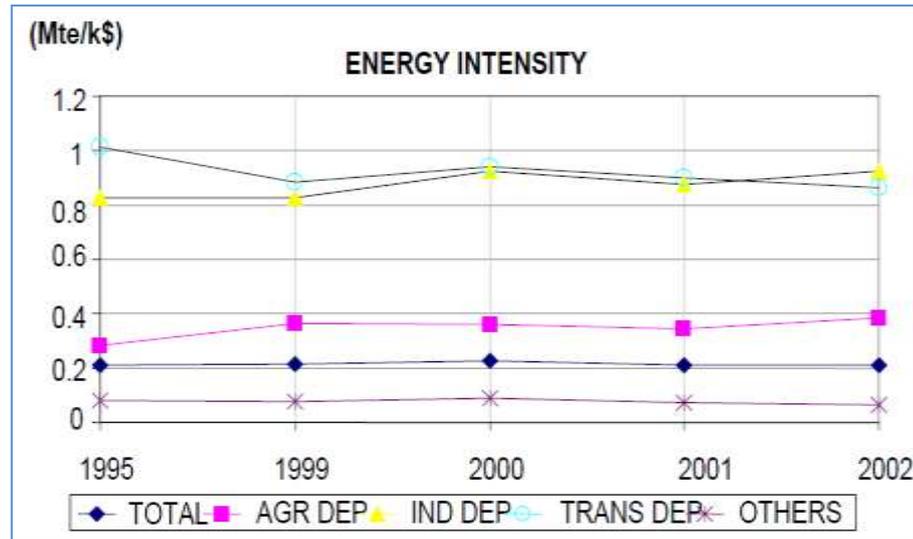
6.3 Le cas Libyen

En **Libye**, au plan institutionnel, il n'existe pas d'institution en charge de la maîtrise de l'énergie. Ceci peut s'expliquer par la disponibilité d'une énergie abondante et peu coûteuse. D'ailleurs, l'intensité énergétique¹³⁰ a peu varié au cours de la période 1995-2002 en dépit du progrès technologique. L'analyse pourrait être davantage affinée afin de montrer qu'il y a en fait une détérioration dans la mesure où le PIB est exprimé en unités monétaires. L'intensité énergétique (figure 20) aurait probablement augmenté si elle était exprimée en unités physiques dans la mesure où la valeur du produit intérieur brut (PIB) dépend en grande partie du secteur des hydrocarbures dont les prix ont augmenté au cours de la période. Il faut bien entendu également tenir compte de l'augmentation du prix des intrants. Cette approche poserait des problèmes méthodologiques complexes, ce qui ne permettrait pas de disposer d'un indicateur sur des bases régulières¹³¹.

¹³⁰ GECOL Mohamed Ekhlal, Ibrahim M. Salah & Nurreddin M. Kreema, "Energy Efficiency and Renewable Energy Libya - National study, Plan Bleu 2007.

¹³¹ Pour plus d'information sur le concept voir par exemple a) OCDE, panorama des statistiques 2011, b) Kammoun, N., analyse de l'intensité énergétique dans les industries manufacturières de 4 provinces canadiennes de 1976 à 2006, mémoire de maître es arts, Université Laval, Québec 2011

Figure 20: Intensité énergétique par secteur en Libye



Compte tenu de la faible efficacité du système énergétique de la Libye et de l'importance de la consommation, l'utilisation rationnelle de l'énergie représente un gisement important. Il est ainsi estimé qu'environ 50 Millions de barils (Mbl) et 2.160 MW de capacité installée pourraient être épargnés grâce à une gestion et à une utilisation rationnelle de l'énergie en 2020¹³².

6.4 Le cas Marocain

Au **Maroc**, la stratégie nationale d'efficacité énergétique lancée par le gouvernement en 2009 vise une économie de près de 12% d'énergie électrique en 2020 et de 15% d'ici 2030. Le Programme National d'Efficacité Energétique cible trois secteurs (le bâtiment, le transport et l'industrie) qui offrent un potentiel d'économie d'énergie considérable du fait de leur faible efficacité énergétique et de l'importance de leur consommation. Globalement, le potentiel d'économie d'énergie est supérieur à 15% (17% dans le secteur industriel avec un temps de retour de 18 mois). Le tableau suivant présente les principales mesures prévues par secteur.

¹³²Abdullah Ballut, Mohamed Ekhlal "The Potential Impact Of Improved Energy. Utilization Efficiency On The Future Energy Demand In Libya Up To The Year 2020" 17th World Energy Congress, USA 1998. Cité par GECOL.

Tableau 24 : les principales mesures par secteur

Tertiaire et résidentiel	Industrie	Transport
<p>Mise en place du Code d'efficacité énergétique dans le bâtiment</p> <p>Généralisation des lampes à basse consommation : 4,6 millions de LBC mises en place et 10 millions en cours de distribution</p> <p>Utilisation des matériaux d'isolation</p> <p>Utilisation du double vitrage</p> <p>Installation des solaires thermiques basse température (1 360 000 m² d'ici 2020)</p> <p>Installation des kits PV et pompes solaires</p>	<p>Généralisation des audits industriels</p> <p>Utilisation des variateurs de vitesse et de fréquence</p> <p>Optimisation du stockage du froid et du chaud</p> <p>Utilisation des lampes à basse consommation</p>	<p>Rajeunissement du parc automobile</p> <p>Organisation du transport urbain (circulation, transport collectif...)</p> <p>Application de la réglementation d'efficacité énergétique relative aux véhicules</p>

Le programme «Bois-Energie» élaboré par le Centre de développement des énergies renouvelables (CDER) et mis en œuvre en partenariat avec les fédérations de propriétaires de hammams dans les villes et les associations de développement local en milieu rural avait pour objectifs l'augmentation de l'efficacité énergétique des hammams et leur rentabilité en tant qu'entreprises, l'amélioration des conditions de travail et la protection de la forêt. Il est estimé que le Maroc compte environ 5.000 hammams consommant annuellement 1,25 millions de tonnes de bois, d'une valeur estimée à 800 millions de Dh¹³³.

L'évaluation de ce programme montre que des résultats significatifs ont été atteints du point de vue de l'efficacité énergétique (192 t/an pour une chaudière améliorée au lieu de 358 t/an pour la chaudière traditionnelle), et de la rentabilité de l'entreprise avec un temps de retour de l'investissement¹³⁴ de l'ordre de 10 mois.

¹³³ Source CDER-AFD, Programme d'efficacité énergétique dans le secteur des hammams et des fours-boulangeries au Maroc, plaquette, Maroc bois énergie, juillet 2008

¹³⁴ 192t/an pour une chaudière améliorée au lieu de 358 t/an pour la chaudière traditionnelle) avec un temps de retour de l'investissement de l'ordre de 10 mois.

La loi 47-09 sur l'efficacité énergétique fixe des objectifs clairs et pose les fondements de la future réglementation thermique Marocaine (RTBM). Elle rend obligatoire l'audit énergétique pour les établissements et entreprises de production, de transport et de distribution d'énergie, ainsi que la réalisation de l'étude d'impact énergétique pour les nouveaux projets de constructions et urbains. Les appareils et équipements électriques qui seront mis en vente sur le marché marocain devront répondre à des critères de «performance énergétique minimale». Elle définit le rôle des établissements de services énergétiques et institue le contrôle technique.

Concernant la consommation des ménages, une action relative au renforcement de la gestion de la demande a été mise en place par le biais d'une tarification sociale et incitative de type « 20-20 » (rabais de 20% en cas de baisse de 20% de la consommation), ce qui représente une économie de 1.474 GWh.

6.5 Le cas Mauritanien et Soudanais

À la différence des autres pays d'Afrique du Nord, la **Mauritanie** et le **Soudan** sont caractérisés par une demande en biomasse importante pour la satisfaction des usages domestiques, surtout la cuisson et le chauffage- induisant une forte pression sur la ressource forestière. Au plan institutionnel, dans les deux pays, il n'y a pas d'institutions indépendantes en charge de la maîtrise de l'énergie, mais dans le cas de la Mauritanie, il existe une Cellule Nationale de la Maîtrise de l'Energie sous la tutelle du Ministère de l'Energie et du Pétrole.

Le potentiel le plus important en matière d'efficacité énergétique réside dans l'amélioration des rendements dans les différents segments de la filière, principalement la carbonisation (transformation du bois en charbon de bois) et les équipements de cuisson. Les politiques de gestion de la demande sont beaucoup plus rentables que celles de l'offre. En effet, les politiques d'augmentation de l'offre par des plantations ou par la substitution au gaz sont coûteuses et supposent de fortes subventions. En revanche, les interventions pour une utilisation plus rationnelle de la ressource primaire (carbonisation) et finale au niveau de l'utilisateur sont beaucoup moins coûteuses. Par ailleurs, dans le cas du Soudan, les résidus animaux et végétaux représentent un potentiel important qui pourrait être valorisé pour couvrir une partie de la demande des ménages et de l'industrie, particulièrement la cogénération à partir de la bagasse¹³⁵.

En Mauritanie, les efforts de rationalisation de l'utilisation du bois et du charbon de bois ont porté sur la promotion des foyers améliorés en milieu rural et semi urbain. Bien que des résultats positifs aient été obtenus en termes de gain de temps et d'énergie pour les femmes, principales bénéficiaires, des difficultés persistent au niveau de l'appropriation, de la maîtrise et de la diffusion de cette technique. Par ailleurs, les efforts de diffusion du gaz butane en milieu rural comme moyen de substitution aux ressources naturelles ont été réduits par le coût élevé et les difficultés d'approvisionnement.

¹³⁵ Résidus issus de l'industrie de la canne à sucre. Obtenue après broyage la bagasse peut être utilisée comme combustible.

Hormis la biomasse et la diffusion massive de foyers et meules améliorées pour ces deux pays, la promotion des LBC et l'utilisation d'équipements électroménagers performants devraient être généralisées.

6.6 Le cas Tunisien

La **Tunisie** est certainement le pays le plus avancé de la région en matière d'efficacité énergétique. Cependant, l'augmentation de la consommation par habitant des ménages (0.31 tep en 1990 et 0,41 tep en 2006) et l'augmentation de la part relative de la demande pour les besoins de chauffage et de climatisation (20% en 1989 et 26% en 2004), constituent de nouveaux défis pour la mise en œuvre des politiques d'efficacité énergétique. Le bâtiment reste par conséquent un des secteurs où les politiques d'efficacité énergétique vont avoir le plus grand impact.

La politique d'efficacité énergétique tunisienne dans le secteur de la construction est sans doute la plus élaborée des Pays du Sud et de l'Est méditerranéen (PSEM). Elle s'appuie sur un cadre réglementaire évolutif qui a été développé depuis 2004 (Article n°10 de la loi n°2004-72 du 2 août 2004 relative à la maîtrise de l'énergie telle que modifiée par la loi n° 2009-7 du 9 février 2009). En 2008, l'arrêté d'application relatif au type de bâtiments à usage de bureaux a été promulgué, suivi en 2009 par celui sur les bâtiments à usage résidentiel et en 2012, par ceux prévus sur les bâtiments à usage de santé et de tourisme.

Le programme Tunisien sur la Réglementation Thermique et Energétique Des Bâtiments Neufs en Tunisie (RTEBNT) conduit par l'ANME (Agence Nationale pour la Maîtrise de l'Energie) et soutenu par le FEM (Fonds pour l'Environnement Mondial) à travers le PNUD (Programme des Nations Unies pour le Développement) et le FFEM (Fonds Français pour l'Environnement Mondial) à travers l'AFD (Agence Française de Développement), a permis de réaliser 40 projets pilotes (33 dans le résidentiel et 7 dans le tertiaire), favorisant ainsi l'émergence durable de pratiques d'efficacité énergétique dans la conception des bâtiments. Une attention particulière a été accordée, dans la réalisation de ces projets, aux interventions n'engendrant qu'un surcoût de 10 % maximum de la construction initiale. Ce programme a permis le développement d'un zonage climatique de la Tunisie ainsi que les outils techniques nécessaires aux professionnels du secteur.

Dans la durée, le programme RTEBNT cible plusieurs objectifs:

- l'amélioration des capacités des différents intervenants dans le domaine de la construction (administration, maîtres d'ouvrage, concepteurs, réalisateurs) ;
- la formation et la sensibilisation des différents acteurs de la construction à la réglementation thermique et énergétique des bâtiments neufs ;
- l'évaluation des opérations de démonstration ;
- la mise en place des normes d'efficacité énergétique dans la construction et,
- la mise en place d'une structure d'interface entre recherche et développement et les différents acteurs de la construction.

La Tunisie tient aussi à privilégier les équipements les plus performants du point de vue de la consommation énergétique. Au plan réglementaire, un dispositif avait été mis en place dans le cadre de la loi 2004-72 sur la maîtrise de l'énergie comme l'obligation d'étiquetage énergétique des équipements électroménagers, l'élimination progressive des équipements à faible efficacité énergétique, comme par exemple l'interdiction de commercialiser des réfrigérateurs peu performants. Dans cette perspective, le Centre Technique des Industries Mécaniques et Electriques (CETIME¹³⁶), est équipé d'un laboratoire de tests des performances énergétiques des réfrigérateurs.

Les lampes à basse consommation (LBC) devraient être généralisées. Afin d'atteindre cet objectif des taxes progressives¹³⁷ sur les lampes à incandescence ont été instaurées comme préalables à leur substitution progressive et totale. Ces mesures fiscales sont accompagnées de distribution de lampes à basse consommation¹³⁸ et d'interventions visant l'arrêt de la fabrication de lampes à incandescence. Parmi les deux sociétés concernées, "Global Lighting" a arrêté la production en 2009. Quant à la seconde entreprise, FAWANIS, qui fabrique des lampes à incandescence depuis 1991, il est prévu d'arrêter leur fabrication. Il convient de noter que cette entreprise dispose de 3 chaînes de production dont deux pour les lampes à incandescence et une autre pour les LBC¹³⁹.

En matière de financement par des ressources nationales, la Loi des Finances n° 2005-106 a mis en place le Fonds National de Maîtrise de l'Energie (FNME) à partir duquel sont dérivées les incitations financières pour le développement de l'efficacité énergétique. Il est ainsi accordé 20% de subvention pour tous les investissements d'efficacité énergétique consentis par les entreprises, 50% sur les coûts des audits énergétiques, 50% de subvention sur les investissements relatifs aux projets de démonstration dans les domaines de l'utilisation rationnelle de l'énergie. Les principaux secteurs (industrie, transport, résidentiel et tertiaire) sont développés dans le plan solaire tunisien avec des indicateurs pour chaque secteur à l'horizon 2016 et 2030. Pour ces deux cibles, il est envisagé pour tous les secteurs des économies de 3 Mtep en 2016 et 10 Mtep en 2030, soit respectivement 24% et 40% de la demande d'énergie primaire. Cet objectif suppose une baisse de l'intensité énergétique primaire de 0,28 tep/1000 DT en 2016 à 0,20 tep/1000 DT en 2030.

¹³⁶ Le CETIME est placée sous la sous tutelle du Ministère de l'Industrie et de la Technologie.

¹³⁷ Taxe de 10% à partir de novembre 2007, 30% à partir de novembre 2008.

¹³⁸ Distribution par la STEG de 1 million de LBC en 2010 pour les ménages à faible revenus (3 LBC par ménage et récupération des lampes à incandescence).

¹³⁹ www.fanis.com.tn

Chapitre 7

PRINCIPALES BARRIÈRES AU DÉVELOPPEMENT DES ER ET DE L'EE

Cette partie résume les obstacles qui freinent les efforts pour le développement des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique et donne des orientations pour améliorer le cadre global de l'investissement dans les énergies renouvelables.

❖ *Le Marché régional*

L'espace nord africain ne constitue pas encore un marché homogène car la production et la circulation des marchandises énergétiques, la mise en place des infrastructures énergétiques (centrales électriques, lignes de transport) et la fabrication de biens d'équipement (panneaux PV, LBC, composants éoliennes) n'obéissent pas à des critères de rentabilité économique au niveau régional. Les flux électriques en Afrique du Nord (Algérie, Egypte, Libye, Maroc, Tunisie) sont des flux physiques peu importants par rapport aux capacités installées et à la production des ces pays. Les échanges d'électricité les plus importants sont réalisés entre le Maroc et l'Espagne. L'interconnexion électrique des réseaux des cinq pays permet aux différents opérateurs de réaliser des économies d'énergie, mais ces économies restent limitées par l'absence d'un marché régional. Cela suppose des mécanismes, au niveau régional, de régulation technique (mise en place d'un opérateur système) et économiques (opérateur de marché).

Les interconnexions gazières régionales (gazoducs Algérie-Maroc-Espagne et Algérie-Tunisie-Italie) ont pour marché principal l'Europe de l'Ouest. De ce fait, la consommation de gaz naturel est très inégale au sein de l'espace nord-africain. En fait le Maroc et la Tunisie sont des pays de transit du gaz naturel algérien. Il n'existe pas de politique gazière régionale qui permettrait d'intensifier l'utilisation des ressources gazières au sein de l'espace nord africain. Les interconnexions gazières intercontinentales (Afrique du Nord-Europe de l'Ouest) ont permis au Maroc et à la Tunisie d'augmenter de manière significative la consommation interne de gaz naturel, mais bien en deçà des réserves gazières prouvées dans la région. Or, le gaz naturel est une énergie compétitive et dont les émissions de gaz à effet de serre sont moindres, comparativement aux autres sources d'énergie fossile.

Le développement de filières renouvelables (CSP et éolien notamment) ne participent pas à une logique de développement intégré régional. Or les objectifs, les choix technologiques et les partenaires institutionnels et privés sont souvent les mêmes. Le développement des CSP requiert un personnel hautement qualifié qui fait actuellement défaut et des industries spécialisées dans les industries du verre de qualité

solaire, de l'électronique et de l'électromécanique. En effet, à la différence des énergies fossiles, la sécurité énergétique ne réside pas dans le contrôle de la matière première, mais dans le développement d'une expertise régionale et d'un tissu industriel en mesure de répondre à une grande partie de la demande d'équipements et de personnel spécialisé pour le développement des filières d'énergie renouvelable.

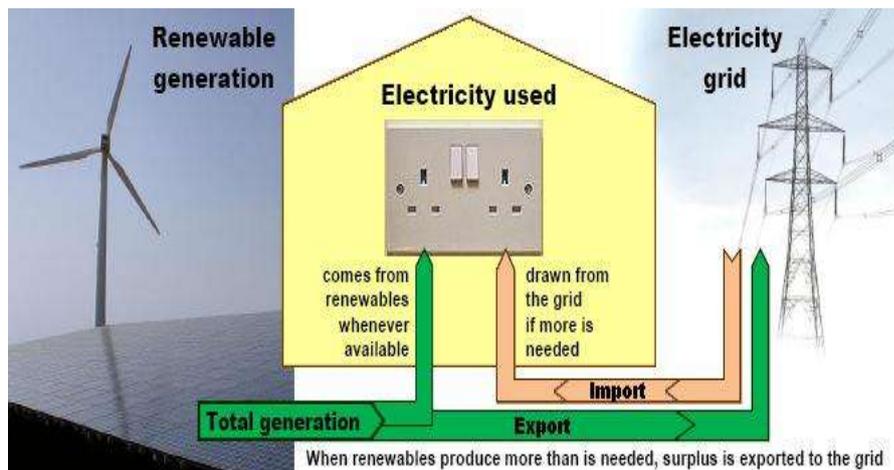
Il est nécessaire pour l'établissement d'un marché régional de développer :

- une vision commune et intégrée des énergies renouvelables ;
- des politiques et des cadres juridiques harmonisés ;
- Renforcer les interconnexions.

❖ *Le financement*

L'importance du coût en capital des ER, des prix encore comparativement élevés des services fournis par ces énergies et des subventions accordées aux produits dérivés des énergies fossiles constituent des contraintes majeures à l'expansion des ER. Un développement à grande échelle des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique passe dans tous les pays d'Afrique du Nord par des mécanismes préférentiels et innovants de financement et des incitations fiscales pour promouvoir le développement des entreprises nationales et régionales. Les tarifs de rachat (feed in tariffs) ne constituent qu'un exemple de mécanisme de financement. Celui là a d'ailleurs surtout été utilisé pour garantir un prix de rachat à long terme aux entreprises produisant de l'électricité renouvelable, mais il peut également être appliqué aux usagers, comme le montre l'exemple suivant mis en œuvre à grande échelle en Grande Bretagne et qui pourrait être extrapolé aux pays d'Afrique du Nord.

Figure 21: Tarifs de rachat pour les usagers¹⁴⁰



Le gouvernement accorde un prix fixe garanti à la totalité de la production ER. Les tarifs dépendent des filières. En outre, un bonus est accordé au surplus exporté vers le réseau. Des tarifs trop peu avantageux peuvent pénaliser le budget de l'Etat.

¹⁴⁰ Source: Department for International Development (DFID).

Le tableau suivant donne un éventail de mécanismes financiers possibles pour le changement d'échelle dans la production d'énergie renouvelable¹⁴¹.

Tableau 25: Exemples de mécanismes pour le financement des ER

Type de mécanismes	Modalités
Subventions de capital	Subventions financières directes visant à limiter le coût en capital et à rentabiliser l'investissement initial
Crédits d'impôts	Permet la déduction (partielle ou totale) des dépenses liées à une installation PV du flux des recettes imposables
Prêts préférentiels	Prêts accordés dans des conditions nettement plus favorables que celles prévalant sur les marchés financiers. Ces prêts sont accordés par des institutions multilatérales comme par exemple la Banque Africaine de Développement Dans les mécanismes du FMI un élément don accompagne le prêt concessionnel. Ces prêts concernent plutôt l'endettement des pays
Tarifs de rachat pour les entreprises et les usagers	Des prix garantis à long terme du kWh sont accordés aux producteurs d'ER. Ces tarifs sont fonction de la maturité commerciale des filières technologiques et des stratégies des pays. Généralement des prix plus élevés sont accordés aux filières solaires. Ces mécanismes expliquent en grande partie le développement de l'éolien. Ce mécanisme est généralement financé par les pouvoirs publics
Projets d'électricité verte ou renouvelable	Permet aux consommateurs d'acheter de l'électricité verte produite à partir de l'énergie généralement à un prix supérieur au prix moyen
Obligations d'achat d'ER	Une obligation selon laquelle une partie de la production est satisfaite par des approvisionnements en électricité renouvelable
Certificat vert	Document attestant de l'origine de l'électricité verte. Des organismes de contrôle chargés de délivrer le certificat de garantie d'origine pour les installations de production d'énergies renouvelables
Facturation nette	L'électricité prise du réseau et celle envoyée dans le réseau à partir d'ER font l'objet d'un suivi distinct. L'électricité envoyée dans le réseau est évaluée à un prix supérieur au prix en provenance du réseau afin d'encourager la production d'ER

Dans certains pays de la région, en particulier la Libye, la Mauritanie et le Soudan, il n'existe presque pas, voire pas de fonds du tout selon le pays, ni d'incitations ou mécanismes dédiés à la promotion des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique.

La levée des contraintes financières passe par :

- L'adoption de mesures d'incitation, notamment des systèmes appropriés de tarification de l'énergie et la réduction progressive des subventions aux énergies fossiles;
- La mobilisation de ressources financières durables et la création de mécanismes innovants de financement adaptés aux besoins, notamment à ceux des petits et moyens projets;
- La création de fonds nationaux spécifiques (dans les pays qui n'en possèdent pas) qui sont des signaux politiques forts et permettent aux pays de mobiliser des ressources (financières et techniques) internationales;
- Le renforcement du rôle du secteur privé et des partenariats public-privé ;
- Développer des projets régionaux.

¹⁴¹ Une étude détaillée sera réalisée par UNECA sur les mécanismes innovants de financement des ER.

❖ *Les choix technologiques*

Les énergies renouvelables (sauf hydro-électricité), sont des filières qui ont connu des progrès technologiques considérables mais qui n'ont pas encore atteint, pour la plupart d'entre elles, la maturité commerciale hormis pour la filière éolienne.

Les filières solaires (CSP et PV) ont des avantages comparatifs substantiels (fort potentiel, occupation de l'espace peu contraignante, etc.). Les avancées technologiques de la filière thermique ont ouvert de nouvelles perspectives pour les CSP et les applications à grande échelle, telles que les centrales électriques solaires connectées au réseau. Des centrales hybrides (CSP-gaz naturel) sont déjà en service dans trois pays de la région et des projets importants sont en cours. Ces progrès ne doivent pas occulter les incertitudes et contraintes suivantes de la filière CSP:

- L'utilisation des ressources naturelles rares comme l'eau qui est en compétition avec d'autres usages domestiques, industriels et agricoles ;
- Le niveau de maturité technologique, notamment pour la partie solaire (héliostats par exemple) encore en évolution. Il est évident que les CSP vont coûter beaucoup plus chers du fait du coût élevé des composants et également de la courbe d'apprentissage qui va se traduire par des surcoûts, comparativement à l'exploitation d'une centrale électrique conventionnelle ;
- Les conditions d'exploitation dans un environnement difficile, particulièrement les tempêtes de sables qui peuvent endommager les héliostats, ainsi que le dépoussiérage fréquent des héliostats qui pourraient signifier une consommation d'eau plus élevée que celle qui a été initialement prévue.

La baisse importante du prix du PV au cours de ces dix dernières années offre quant à elle de nouveaux créneaux pour les applications centralisées dans cette filière, qu'il convient d'exploiter au niveau régional.

Les mesures suivantes pourraient être prises afin de contribuer à l'expansion des filières technologiques les plus appropriées au contexte de la région :

- Faciliter l'accès à l'information sur l'état de l'art concernant les Technologies et leurs perspectives de développement (coûts, exigences techniques, compétitivité, risques);
- Valoriser et capitaliser les expériences technologiques réussies au niveau de la région;
- Mettre en place des formations spécialisées (ingénieurs, techniciens supérieurs) sur les énergies renouvelables, en particulier le solaire et l'éolien; et mutualiser les efforts des pays dans un cadre de partenariat régional ;

❖ *Intégration des actions d'efficacité énergétique dans les secteurs de l'habitat, du transport et des équipements électriques*

Dans la plupart des pays d'Afrique du Nord, la consommation énergétique pour le chauffage et la climatisation a considérablement augmenté au cours de cette dernière décennie. Cette hausse n'est pas uniquement due au changement climatique, mais également et surtout à des constructions peu respectueuses des normes environnementales et également à l'augmentation du pouvoir d'achat dans un contexte où le prix des énergies domestiques reste relativement bas, particulièrement dans les pays producteurs d'hydrocarbures de la région.

Le tableau suivant résume la situation actuelle, les principales contraintes et les solutions possibles en matière d'efficacité énergétique.

Tableau 26: Situation actuelle et solutions en matière d'efficacité énergétique

	Situation actuelle	Impact	Options
Construction	Utilisation de matériaux peu performants Faible isolation Conception architecturale non adaptée	Augmentation de la consommation énergétique pour chauffage et la climatisation Eclairage	Normes de construction Subventions pour isolation
Équipement électro-ménager	Faible performance Prédominance des lampes à incandescence	Surconsommation des appareils	Étiquetage, fiscalité différentielle, Interdiction des équipements peu performants
Transport	Prédominance du transport routier Parc automobile vétuste dans la plupart des pays. Plans de circulations urbains peu performants	Consommation unitaire moyenne élevée.	Développement du transport ferroviaire et fluvial Cabotage maritime Plans de circulation urbains

Pour les pays de la région les moins développés économiquement (Mauritanie, Soudan) et qui sont en outre caractérisés par des taux d'électrification encore faibles, les bas revenus d'une part importante de la population, surtout en milieu rural, limitent l'adoption d'équipements énergétiques performants. Des mécanismes financiers innovants adaptés au pouvoir d'achat de ces populations et à des revenus saisonniers sont nécessaires pour élargir l'accès aux services énergétiques à partir des ER, et favoriser le choix d'équipements économes en énergie.

La rationalisation de l'utilisation de l'énergie suppose une coordination entre les différents secteurs qui est loin d'être systématique dans la plupart des pays. Par ailleurs, les campagnes de communication et de sensibilisation visant une meilleure utilisation de l'énergie sont cruciales, dans la mesure où les comportements des acteurs économiques influent grandement sur la consommation d'énergie. En effet, dans le cas où des normes et une législation existent (étiquetage des appareils électroménagers par exemple), le recours à des produits économes en énergie n'est pas évident, soit par manque d'incitations financières et/ou par manque d'information sur les avantages micro-économiques au niveau du ménage ou de l'entreprise ; et macro-économiques au niveau national. Cela concerne toutes les formes d'énergie dont

la biomasse- particulièrement en Mauritanie et au Soudan- dont le développement énergétique durable implique des mesures au niveau de la production, de la transformation (carbonisation) et de l'utilisation finale par la généralisation des foyers améliorés.

La promotion de l'efficacité énergétique en Afrique du Nord passe par :

- La mise en place d'un fonds pour l'efficacité énergétique ;
- Le renforcement des capacités en vue de la mise en œuvre des normes de sécurité, de construction et des normes relatives aux appareils ;
- L'amélioration de l'efficacité énergétique au niveau des bâtiments publics ;
- Le lancement d'une vaste campagne d'information sur l'efficacité énergétique ;

❖ *Développement des capacités et R&D*

Il n'existe pas encore au niveau régional de masse critique de chercheurs dans la quasi-totalité des filières travaillant en synergie avec l'industrie pour l'atteinte des objectifs d'intégration des ER dans le mix énergétique au cours des prochaines décades. Les quelques centres régionaux existants ne disposent pas d'une infrastructure de R&D pérenne de haut niveau et répondant aux besoins spécifiques de la région. Les structures nouvellement créées en matière de R&D dans les pays de la région s'inscrivent dans des logiques nationales, alors que les enjeux technologiques, économiques et sociaux au niveau mondial impliquent une réponse régionale. Les moyens financiers et humains nécessaires ne peuvent être réunis que dans le cadre d'une stratégie régionale de R&D, en partenariat avec des structures similaires du Nord.

À ce titre, quelques recommandations pourraient être émises afin de contribuer à l'essor de la recherche-développement dans le domaine des énergies renouvelables:

- Lancer des programmes de recherche sur les ER et leur utilisation qui impliquent les industriels, les opérateurs économiques et les universités et centres de recherche;
- Mettre en place un réseau pour relier entre eux les centres d'études et de recherche sur les ER dans la région et assurer une veille technologique au profit des acteurs économiques ;
- Renforcer les échanges sur les acquis entre les pays de la région en matière d'énergie renouvelable et efficacité énergétique ;
- Encourager les transferts d'expertise et d'expérience entre les pays.

CONCLUSION

Les pays riches ont pu se développer grâce à l'utilisation massive des énergies fossiles et thermiques. Mais aujourd'hui, à l'heure où la population mondiale a atteint sept milliards d'habitants et devrait se situer aux alentours de neuf milliards en 2050, la transition énergétique est devenue incontournable pour répondre aux besoins croissants en énergie, atténuer les risques liés à la volatilité des prix du pétrole et la tendance à la baisse des réserves des énergies fossiles qui affectent les marchés et, réduire les émissions de gaz à effet de serre.

Au niveau mondial, les investissements dans les énergies renouvelables (hors hydroélectricité) continuent de croître malgré un contexte économique et financier difficile. Les rapports sur la situation mondiale des ER publiés en 2011 et 2012 par le Réseau Energie Renouvelable REN21¹⁴², indiquent que ces investissements ont atteint en 2010 un niveau record de 211 milliards de dollars, soit 1/3 de plus qu'en 2009 (160 milliards) et 5 fois plus qu'en 2004. En 2011, ils sont estimés à 257 milliards de dollars. Les moteurs de cette expansion sont la Chine, les USA, l'Allemagne, l'Italie et l'Inde. Aujourd'hui, la Chine est le premier investisseur mondial dans le secteur des énergies renouvelables. Ainsi, les capacités installées en matière d'énergie éolienne ont connu un accroissement important ces dernières années (avec une capacité totale installée à fin 2011 qui permet de répondre à 2-3% de la consommation électrique mondiale). Par ailleurs, l'année 2011 a été marquée par une forte performance de l'énergie solaire (PV et CSP). Les énergies renouvelables ont ainsi représenté plus de 25% de la capacité de production électrique mondiale et ont fourni environ 20,3% de l'électricité mondiale.

Ces investissements ont été en grande partie impulsés par des politiques d'incitations et par la baisse des coûts des équipements, notamment en ce qui concerne l'éolien et les modules photovoltaïques (PV). Mais en dépit des progrès, le coût de production des énergies renouvelables reste encore élevé, notamment dans le cas de la filière solaire thermodynamique, du fait de sa grande complexité. À la différence des énergies fossiles, les énergies renouvelables ont une structure de coûts où l'investissement initial est très élevé, alors que les coûts de fonctionnement sont très bas.

En Afrique du Nord, l'analyse du secteur énergétique révèle des disparités au niveau des pays, mais aussi des similitudes qui constituent des opportunités pour promouvoir l'intégration régionale. La région (Algérie, Libye, Egypte) détient seulement 4,6% des réserves mondiales prouvées de pétrole et de gaz naturel ; et l'approvisionnement énergétique reste dominé par les énergies fossiles (à plus de 90%). Tandis que la demande d'énergie ne cesse de croître (6-8% par an), en particulier pour l'électricité, les possibilités offertes par l'efficacité énergétique (EE) et les énergies renouvelables (ER) sont encore largement sous exploitées.

¹⁴² REN21: Renewable 2011 Global Status Report, juillet 2011.

Le secteur se caractérise notamment par:

- ✓ une répartition inéquitable des ressources énergétiques au niveau régional ;
- ✓ une forte croissance de la demande énergétique et de la dépendance vis à vis des énergies fossiles ;
- ✓ une contribution infime des énergies renouvelables au mix énergétique, malgré l'existence d'un potentiel important ;
- ✓ une infrastructure de transport, de transmission et de distribution du pétrole, du gaz et de l'électricité insuffisamment développée ;
- ✓ une faible participation du secteur privé aux investissements ;
- ✓ des taux d'électrification nationale qui varient entre 97 et 99% selon les pays, sauf pour la Mauritanie et le Soudan, mais un accès encore limité à l'énergie dans les zones rurales;
- ✓ une utilisation non rationnelle de l'énergie,
- ✓ Des capacités spécialisées limitées (formation, recherche appliquée, échange d'informations sur les innovations technologiques) et,
- ✓ une coopération et des échanges commerciaux dans le domaine énergétique très faibles, au regard des possibilités et du potentiel énergétique de la région.

Les énergies renouvelables constituent une alternative aux énergies fossiles. Elles contribuent à répondre aux besoins énergétiques actuels et futurs pour soutenir une croissance économique durable et lutter contre la pauvreté. En Afrique du Nord, leur contribution au mix énergétique est toutefois encore assez marginale puisqu'elles ne représentaient que 7%¹⁴³ du mix énergétique en 2006 (solaire, éolien, hydraulique, biomasse), le reste étant composé de gaz (67%), pétrole (19%) et de charbon (6%).

Pourtant tous les pays disposent d'un potentiel suffisant pour couvrir la quasi-totalité des besoins de la demande nationale actuelle et prévisionnelle à long terme, notamment pour les différents services fournis par l'électricité comme l'éclairage, la climatisation, le chauffage, les télécommunications et le transport ferroviaire.

L'éolien qui a bénéficié de la baisse mondiale des coûts est en plein développement avec des centrales connectées au réseau déjà installées en Egypte, au Maroc et en Tunisie (ces pays fournissent 95% de la capacité installée totale d'E éolienne en Afrique) et d'importants projets en cours . Le solaire constitue le gisement le plus important, mais il est encore largement sous exploité à cause de son coût. Des installations photovoltaïques décentralisées existent dans tous les pays (<0,5% du bilan énergétique national) et la baisse des prix des panneaux solaires offre de nouvelles perspectives pour le changement d'échelle du photovoltaïque. Des projets de PV centralisé sont à l'étude dans plusieurs pays (Algérie, Maroc, Libye, Tunisie).

¹⁴³ 100% renewable electricity, A roadmap to 2050 for Europe and North Africa, p18, 2010

Fort de cette situation, et devant l'ampleur de l'enjeu et des répercussions sur le développement économique et social, pratiquement tous les pays de la région ont élaboré des stratégies et des programmes de développement des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique. Si les priorités stratégiques se recoupent, les choix technologiques diffèrent parfois. Des pays comme l'Égypte, le Maroc et la Tunisie ont privilégié l'éolien et les CSP, tandis que l'Algérie s'oriente surtout sur le développement de la filière CSP du fait de son potentiel éolien limité, même si elle n'exclut pas cette dernière. Les filières solaire (PV centralisé et CSP) et éolien sont aussi envisagées en Libye.

En Mauritanie et au Soudan, les réalisations portent essentiellement sur des projets décentralisés à petite échelle, hors réseau pour faire face aux besoins en matière d'électrification rurale. Des projets sont toutefois à l'étude pour la mise en place de centrales de moyenne puissance connectées au réseau dans les filières : solaire PV, thermique et éolienne. Une première centrale électrique éolienne de 4,5MW a été réalisée par la SNIM ; une autre est en projet.

Le Soudan envisage également de développer les CSP à grande échelle dans tout le pays et pourrait se tourner vers l'énergie hydraulique puisqu'il est le seul pays de la région à bénéficier d'un énorme potentiel hydro-électrique très peu exploité jusqu'ici.

Il apparaît que le secteur des ER en Afrique du Nord avance à deux vitesses, d'un côté l'Algérie, l'Égypte, le Maroc et la Tunisie qui ont développé leur cadre réglementaire par des lois incitant à l'investissement, créé des institutions spécialisées et des centres de recherches, mis en place des mécanismes financiers; et de l'autre côté la Libye, la Mauritanie et le Soudan qui accusent un retard conséquent en la matière.

L'efficacité énergétique reste encore un challenge pour l'Afrique du Nord en raison de plusieurs contraintes. Dans les pays exportateurs d'hydrocarbures tels que l'Algérie, l'Égypte et la Libye, les prix de l'énergie sont nettement inférieurs au coût de revient et n'encouragent pas les économies d'énergie. La Tunisie et le Maroc ont développé des programmes d'EE dans les secteurs du bâtiment, du transport et de l'industrie.

Les obstacles liés au coût élevé des ER, concurrencés par les subventions accordées aux énergies fossiles, à la dimension restreinte du marché local et l'absence d'un marché régional, à la non maîtrise des technologies et à la faiblesse des capacités de production locale de biens d'équipement et de services, pourraient être levés dans le cadre d'un renforcement de la coopération régionale. Mais aujourd'hui, le manque de coordination des politiques et des actions à l'échelle régionale ne permet pas de tirer profit des opportunités de coopération. Les réalisations enregistrées jusqu'ici en matière de coopération énergétique restent d'une portée limitée au regard du potentiel et des besoins de la région. Les flux d'énergie entre les pays de la région sont faibles, malgré l'existence de réseaux d'interconnexions électriques entre l'Algérie, la Tunisie et le Maroc, entre la Libye et la Tunisie et entre la Libye et l'Égypte. La majorité des projets d'interconnexion actuellement à l'étude concerne les échanges sud- Nord (principalement avec l'Europe).

Lors du premier Conseil ministériel de l'énergie UMA-UE, consacré au projet de l'intégration des marchés de l'électricité de l'Algérie, de la Tunisie et du Maroc dans celui de l'UE, les ministres se sont engagés à poursuivre les actions visant l'harmonisation des cadres législatifs et réglementaires pour la création d'un marché viable de l'électricité (Déclaration d'Alger, juin 2010). La neuvième session des Ministres de l'énergie et des mines de l'UMA (Rabat, novembre 2010) a également souligné la nécessité pour les pays de converger vers une vision commune et de renforcer la coopération, notamment en ce qui concerne la création d'un marché maghrébin de l'électricité.

Des partenariats plus larges sont actuellement en construction dans le cadre du Plan Solaire Méditerranéen et du projet Desertec soutenu par l'initiative Industrielle DESERTEC créée en 2009 (DII). Ces partenariats offrent des perspectives pour accroître les investissements et développer des projets de production et de distribution d'énergies renouvelables, renforcer les interconnexions et créer un marché régional porteur pour l'électricité.

LEXIQUE

Énergies renouvelables: Sources d'énergie naturelles et inépuisables. La première d'entre elles est le rayonnement solaire et les autres en découlent plus ou moins directement (vents, cycle de l'eau et marées, fabrication de biomasse et autres énergies issues de l'incinération des déchets ménagers et industriels).

Efficacité énergétique: L'efficacité énergétique est le rapport entre l'énergie produite par un système dans un but précis par rapport à l'énergie consommée. Par exemples, une lampe à incandescence a une efficacité énergétique de 5%, car seule 5% de l'énergie électrique est effectivement convertie en lumière, le reste est perdu.

Intensité énergétique: L'intensité énergétique est le rapport entre la consommation d'énergie primaire et le produit intérieur brut généralement en dollars US constants, mesurée en parité de pouvoir d'achat. Les prix de l'énergie et la structure de l'économie selon les activités ont un impact direct sur l'intensité énergétique: un pays plus industriel aura, toutes choses égales par ailleurs, une intensité énergétique plus forte.

Panneau photovoltaïque (ou module): ensemble de cellules photovoltaïques interconnectées électriquement en série ou en parallèle.

Puissance crête: Puissance maximale ou optimale (exprimée en Wc) délivrée par la cellule photovoltaïque dans des conditions idéales sous un éclairnement de 1 KW/m² et une température de jonction de 25°C.

Silicium: Élément de base composant la cellule photovoltaïque (existant sous forme monocristalline (un cristal unique), polycristalline (nombreux cristaux) ou amorphe (couche fine non-cristalline). Le silicium, composant principal du sable, est le 2^{ème} élément le plus courant de la croûte terrestre.

Tarif de rachat: (feed in tariff): Politique qui fixe un prix garanti auquel les producteurs d'énergie peuvent vendre de l'énergie renouvelable au réseau électrique.

Watt (W): Unité de puissance qu'elle soit électrique, mécanique ou thermique. Le Watt est le produit de la tension par l'intensité (ampérage).

Watt heure (Wh) et multiples: Unité d'énergie correspondant au produit de la puissance (W) par le temps (h).

Watt-crête (Wc): Puissance maximale (appelée puissance crête) que peut délivrer une cellule solaire dans des conditions optimales (Ensoleillement de 1000 W/m², température de 25 °C).

BIBLIOGRAPHIE

Cette bibliographie comprend deux parties. La première partie est dédiée aux principaux sites en ligne qui ont été consultés. Il s'agit de sites reconnus et crédibles relevant d'institutions multilatérales ou paragouvernementales. La plupart des statistiques ont été extraites de ces sites ou de publications à partir de ces sites. Les statistiques ont été recoupées avec d'autres sources nationales. La seconde partie donne les principales publications, rapports et présentations faites dans le cadre des manifestations scientifiques utilisés dans cette étude.

Principaux sites consultés

Agence pour la rationalisation de l'Energie (APRUE, Algérie): www.aprue.org.dz

Agence pour le développement des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique (ADEREE, Maroc): www.aderee.ma

African Development Bank (AfDB): www.afdb.org

ANME: Agence Nationale de Maîtrise de l'Energie, (ANME, Tunisie): www.anme.nat.tn

Centre de Développement des Energies Renouvelables, (CDER, Algérie): www.cder.dz

Comité Maghrébin de l'Electricité (COMELEC, Maghreb-UMA): comelec-net.org

Egyptian Electricity Holding Company: www.egelec.com

International Energy Agency (AIE): www.iea.org et pour les statistiques: www.iea.org/stats/index.asp

Mediterranean Renewable Energy Centre MEDREC: www.medrec.org

Moroccan Agency for Solar Energy, MASEN: www.masen.org.ma

New and Renewable Energy Authority, (NREA, Egypt): www.nrea.gov.eg

Office National de l'Electricité (ONE, Maroc): www.one.org.ma

Regional Center for Renewable Energy and Energy Efficiency, (RCREEE): www.rcreee.org

Société d'Investissements Energétiques (SIE, Maroc): www.siem.ma

Société Mauritanienne d'Electricité, (SOMELEC, Mauritanie): www.somelec.mr

Société Nationale de l'Electricité du Gaz, Algérie, (SONELGAZ, Algérie): www.sonelgaz.dz

Société Tunisienne de l'Electricité et du Gaz, (STEG, Tunisie): www.steg.com.tn

Union Arabe de l'Electricité: www.auptde.org

Union du Maghreb Arabe (UMA, Maghreb): www.maghrebarabe.org

United Commission for Africa, (UNECA, Nations Unies); voir sous site Bureau régional Afrique du Nord: www.uneca.org/fr/sro/na/default.htm

World Energy Council, (WEC): www.worldenergy.org

World Health Organization : www.who.int

Publications, rapports et communications

Achour, T. Dynamique Entrepreneuriale pour le Développement des Energies Renouvelables en Tunisie, Contribution des Entreprises Locales, réunion d'Experts UNECA, Le secteur des énergies renouvelables en Afrique du Nord: situation actuelle et perspectives Rabat, 12-13 janvier 2012.

ADER, A. Ould Mohamed Mahmoud, le développement de la filière hybride à l'échelle nationale et les perspectives futures, Atelier de formation appliquée sur les solutions hybrides pour l'électrification rurale, Bamako 18-22-Juillet-2011.

ANME, Conférence sur « L'Economie Verte, solution à la crise ? », Cadre Réglementaire et Institutionnel du Développement des Energies Renouvelables en Tunisie, Tunis le 25 avril 2012

BAD, Mise en Valeur des Energies Propres en Egypte, 2012.

Ballut, Mohamed Ekhlal "The Potential Impact Of Improved Energy. Utilization Efficiency On The Future Energy Demand In Libya Up To The Year 2020" 17th World Energy Congress, USA, 1998.

Bessais, B., Capacités de Recherche et de Développement du secteur des Energies Renouvelables au CRT (Tunisie), Réunion d'Experts UNECA, Le secteur des énergies renouvelables en Afrique du Nord: situation actuelle et perspectives, Rabat, 12-13 janvier 2012.

Bida, A., RCREEE, Renewable Energy and Energy efficiency capacity building in RCREEE Member states, Réunion d'Experts UNECA, Le secteur des énergies renouvelables en Afrique du Nord: situation actuelle et perspectives, Rabat, 12-13 janvier 2012.

British Petroleum statistical review of world energy, June 2011.

CDER, Bulletin des Energies Renouvelables n°22, 2012.

CDER Plan National de la Biomasse-Energie, Décembre 1998.

CDER-AFD, Programme d'efficacité énergétique dans le secteur des hammams et des foursboulangeries au Maroc, plaquette, Maroc bois énergie, juillet 2008.

Cheikh Ould El Moctar, Le secteur des énergies renouvelables en Afrique du Nord: situation actuelle et perspectives. Cas de la Mauritanie, Réunion d'Experts UNECA, Rabat, 12-13 janvier 2012.

COMELEC, Statistiques d'électricité du Comelec Année 2009.

Conseil Mondial de l'énergie, les politiques d'efficacité énergétique, une vision mondiale, résumé, 2007.

CREAD (Centre de Recherche en Economie Appliqué pour le Développement), Algeria-Future Supplier of Electricity from Renewable Energies for Europe ?, Algeria's Perspective and Current European Approaches, 1 August 2010.

Décret du 27-01-2011 portant création de l'Institut algérien des énergies renouvelables.

Décret n°87-50 et 87-51 du 13 janvier 1987 portant institution des audits énergétiques obligatoires et de l'obligation de la consultation préalable de l'AME pour les projets grand consommateurs d'énergie (Tunisie).

Egyptian Electricity Holding Cy, annual report 2009/10.

Ekhlat, M.A, Renewable Energy in Libya, REOAL, Réunion d'experts, Le secteur des énergies renouvelables en Afrique du Nord: situation actuelle et perspectives UNECA, Rabat, 12-13 janvier 2012.

El Andaloussi, E.H. Le projet PWMSP Paving the Way for the Mediterranean Solar Plan, Réunion d'Experts UNECA, Le secteur des énergies renouvelables en Afrique du Nord: situation actuelle et perspectives, Rabat 12-13 janvier 2012.

Ettaik Zohra, Développement des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique au Maroc, réunion d'Experts UNECA, Le secteur des énergies renouvelables en Afrique du Nord: situation actuelle et perspectives, Rabat 12-13 janvier 2012.

European investment Bank, EUROMED, Study on the Financing of Renewable Energy Investment in the Southern and Eastern Mediterranean Region, October 2010.

GTZ, Renewable Energies in West Africa, Regional Report on Potential and Markets Chapter Mauritania, p164-175, 2009

IEA, Technology road map, concentrating solar power, 2010.

IPCC, Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation, Special Report of the IPCC, Cambridge University Press, 2011.

Kammoun, N., analyse de l'intensité énergétique dans les industries manufacturières de 4 provinces canadiennes de 1976 à 2006, mémoire de maître es arts, Université Laval, Québec 2011.

Kawther Lihidheb, ANME, Tunisie, Rencontres du solaire thermodynamique, Développement de la Production de l'Electricité par l'Energie Solaire Thermodynamique dans le cadre du PST en Tunisie, Paris 7 juillet 2011.

Khelif, A. Expérience, potentiel et marché photovoltaïque algérien, New Energy Algeria, non daté.

Khennas S., Dunnet S. and Piggott H, small wind energy for rural services, ITDG publishing, London 2003.

Lahoual Kouider, Réunion d'Experts UNECA, Les énergies renouvelables au Maghreb: état et perspectives. Le secteur des énergies renouvelables en Afrique du Nord: situation actuelle et perspectives, Rabat, 12-13 janvier 2012.

Maghreb Emergent, 2-12-2011.

Ministère de l'Energie et des Mines Algérie, Energie et mines, no 12, Novembre 2010.

Ministère de l'Energie et des Mines Algérie, Programme des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique, Mars 2011.

Ministère de l'énergie et du pétrole, Perspectives des Energies renouvelables en Mauritanie, Financement du développement en Afrique du Nord, réunion d'Experts, Rabat, 19-21 octobre 2010.

Ministère de l'Hydraulique de l'Energie et des Technologies de l'Information et de la Communication (MHETIC.). Expérience mauritanienne dans l'électrification rurale, Marrakech, 19 au 29 Novembre 2007.

Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement, loi n° 16-09 relative à l'Agence nationale de Développement des Energies Renouvelables et Efficacité Energétique.

Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement, Maroc, Loi 13-09 relative aux énergies renouvelables.

Ministère de l'Industrie et de la Technologie (MIT)-ANME, Plan Solaire Tunisien, avril 2010, actualisé en juillet 2011.

Mohamed Ekhlal, Ibrahim M. Salah & Nurreddin M. Kreema, GECOL "Energy Efficiency and Renewable Energy Libya - National study, Plan Bleu 2007.

Nafaa Baccari, ANME, Opportunités de développement de l'électricité éolienne connectée au réseau en Tunisie. Potentiel éolien en Tunisie et programme national d'autoproduction électrique à partir de l'énergie éolienne, Tunis, 17-18 mai 2011.

New and Renewable Energy Authority, Egypt, annual reports 2008-09 et 2009/2010.

OCDE, panorama des statistiques 2011.

Omer, A. M, Sudan energy background; an overview, Renewable Energy Journal, Vol.14, Nos. (1-4), Elsevier Science Ltd, UK, 1998.

Omer, A. M., Wind energy activities in Sudan, Nottingham, United Kingdom, www.ewec2007proceedings.info/allfiles2/55_Ewec2007fullpaper.pdf.

OMS-PNUD, indoor air-pollution, the killer in the kitchen.

ONUDI, unité pour la promotion des investissements, Tunisie, le secteur des ER en Tunisie, avril 2002.

Paving the Way for the Mediterranean Solar Plan, Activity 1.1.1: Benchmarking of existing practice against EU norms, Country Report Algeria, Novembre 2011

Paving the Way for the Mediterranean Solar Plan, Activity 1.1.1: Benchmarking of existing practice against EU norms, Country Report Egypt, Novembre 2011

Paving the Way for the Mediterranean Solar Plan, Activity 1.1.1: Benchmarking of existing practice against EU norms, Country Report Morocco, Novembre 2011

Paving the Way for the Mediterranean Solar Plan, Activity 1.1.1: Benchmarking of existing practice against EU norms, Country Report Tunisia, Novembre 2011

RCREEE, Provision of Technical Support/Services for an Economical, Technological and Environmental Impact Assessment of National Regulations and Incentives for Renewable Energy and Energy Efficiency, Country report Egypt September 2009.

RCREEE, Provision of Technical Support/Services for an Economical, Technological and Environmental Impact Assessment of National Regulations and Incentives for Renewable Energy and Energy Efficiency, Country Report Morocco, January 2010.

RECREEE, Policies for Energy Efficiency and Renewable Energy in the RCREEE Group of Countries, December 2009, revised April 2010.

REEGLE, (Nations Unies, Banque Mondiale): Base de données, <http://www.reegle.info/countries>,

Reegle, 2011. Sudan. <http://www.reegle.info/countries/SD> (IMF Data).

REN21, Renewables 2012, Global Status Report, 2012

République Islamique de Mauritanie, Ministère délégué auprès du Premier Ministre chargé de l'Environnement, plan d'action national en énergie domestique, rapport principal, CECO-Conseil Mars 2008.

République Islamique de Mauritanie, Perspectives et Potentiel du Secteur de l'Électricité, table ronde pour la Mauritanie, Bruxelles, 22-23 Juin 2010.

Rifkin, J. The Third Industrial Revolution: How Lateral Power is Transforming Energy, the Economy, and the World, Palgrave Macmillan, 2011.

République Islamique de Mauritanie, Loi 2001-06 portant création de l'APAUS.

Société d'Investissement Energétique (SIE), Présentation et stratégie d'investissement, réunion d'Experts UNECA, Le secteur des énergies renouvelables en Afrique du Nord: situation actuelle et perspectives, Rabat, 12-13 janvier 2012.

Sokhal, A, NEAL, Entrepreneur de technologies liées aux énergies nouvelles et renouvelables. Présentation de la 1ère centrale hybride solaire/gaz de Hassi R'Mel, réunion d'Experts UNECA, Le secteur des énergies renouvelables en Afrique du Nord: situation actuelle et perspectives, Rabat, 12-13 janvier 2012.

Sonelgaz, échos no 3 mai 2011.

The Panel of The United Nations Commission on Science and Technology for Development, 9-11 november 2009.

UNEP, financing the development of renewable energy in the Mediterranean region, baseline study for Morocco, by F.Senhadji, Mai 2003.

UNESCO Rapport sur la science, 2010, résumé exécutif.

World Bank, AfDB, CTF Trust Fund Committee Joint AfDB-WB Submission Document Morocco: Ouarzazate I Concentrated Solar Power Project, June 2011.

World Bank/ESMAP, Middle East and North Africa Region Assessment of the Local Manufacturing Potential for CSP projects, January 2011.

WWF, rapport d'énergie, 100% d'énergie renouvelable d'ici 2050, 2011.