



FEMISE RESEARCH
PROGRAMME

2010-2011

***Renewable Energies and Sustainable Development
in the Mediterranean: Morocco and the Medi-
terranean Solar Plan (MSP)***

**Research n°FEM34-02
Directed By
Alejandro Lorca and Rafael de Arce
Universidad Autónoma de Madrid y AGREEM, Spain**

Researchers:

Idriss El Abbassi (Université Mohamed V, Morocco)
Abdelamid El Bouhadi (Université Mohamed V, Morocco)
Rafael de Arce (UAM - AGREEM, Spain)
Gonzalo Escribano (Universidad Nacional Educación Distancia - AGREEM, Spain)
Ayache Khellaf (Université Mohamed V, Morocco)
Alejandro Lorca (UAM - AGREEM, Spain)
Ramón Mahia (UAM - AGREEM, Spain)
Jose María Marín (Universidad Nacional Educación a Distancia, Spain)
Eva Medina (Universidad Autónoma de Madrid, Spain)
Lahcen Ouhlaj (Université Mohamed V, Morocco)
Said Tounsi (Université Mohamed V, Morocco)

May 2012



Ce rapport a été réalisé avec le soutien financier de l'Union Européenne au travers du Femise. Le contenu du rapport relève de la seule responsabilité des auteurs et ne peut en aucun cas être considéré comme reflétant l'opinion de l'Union Européenne.

This document has been produced with the financial assistance of the European Union within the context of the FEMISE program. The contents of this document are the sole responsibility of the authors and can under no circumstances be regarded as reflecting the position of the European Union.

RENEWABLE ENERGIES AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT IN THE MEDITERRANEAN: MOROCCO AND THE MEDITERRANEAN SOLAR PLAN (MSP)

PROJECT: FEM34-02



RESEARCH TEAM

Directors:

Prof. Alejandro Lorca (Universidad Autónoma de Madrid y AGREEM)

Prof. Rafael de Arce (Universidad Autónoma de Madrid y AGREEM)

Researchers:

Prof. Idriss El Abbassi (Univesité Mohamed V)

Prof. Abdelamid El Bouhadi (Univesité Mohamed V)

Prof. Rafael de Arce (UAM – AGREEM)

Prof. Gonzalo Escribano (Universidad Nacional Educación Distancia - AGREEM)

Mr. Ayache Khellaf (Univesité Mohamed V)

Prof. Alejandro Lorca (UAM – AGREEM)

Prof. Ramón Mahia (UAM – AGREEM)

Prof. Jose María Marín (Universidad Nacional Educación a Distancia)

Prof. Eva Medina (Universidad Autónoma de Madrid)

Prof. Lahcen Ouhlaj (Univesité Mohamed V)

Prof. Said Tounsi (Univesité Mohamed V)

INDEX

RESEARCH TEAM	2
EXECUTIVE REPORT	6
RAPPORT EXÉCUTIVE	16
THE MEDITERRANEAN SOLAR PLAN AND ENERGY DEVELOPMENT	28
Introduction	28
The Mediterranean Solar Plan	29
The EU’s Directive 2009/28 on the promotion of renewable energies	32
The Mediterranean Solar Plan and energy development.....	36
Bibliography	48
ENERGY IN MOROCCO: THE SPECIAL ROLE OF SOLAR DEVELOPMENTS	52
Introduction	52
Le contexte actuel des énergies fossiles au Maroc.....	54
Le contexte général des énergies renouvelables au Maroc et dans le bassin méditerranéen.....	59
Le plan solaire marocain : le contexte général	64
Conclusions et recommandations	80
Références bibliographiques	82
A SIMULATION OF THE ECONOMIC IMPACT OF RENEWABLE ENERGY DEVELOPMENT IN MOROCCO	87
INTRODUCTION	87
ANALYTICAL SCHEMA AND DYNAMIC INPUT–OUTPUT MODEL	88
DATA AND HYPOTHESIS	92
SIMULATION SCENARIOS AND MAIN RESULTS	102

FINAL REMARKS.....	105
REFERENCES	107
APPENDIX	109
A DYNAMIC COMPUTABLE GENERAL EQUILIBRIUM MODEL TO ESTIMATE THE ECONOMIC IMPACTS OF RES INSTALLATION IN MOROCCO	131
TECHNICAL INTRODUCTION AND MODEL DEFINITION	131
SIMULATION RESULTS.....	136
CONCLUSION.....	139
ANNEX: Model equations.....	140

TABLES APPENDIX:

Electricity demand in Morocco: 2010 - 2040

Percentage assignment of investment goods demands (columns) to different supply sector (rows): PARABOLIC THROUGH PLANTS

Percentage assignment of investment goods demands (columns) to different supply sector (rows): WIND POWER

Percentage assignment of investment goods demands (columns) to different supply sector (rows): PHOTOVOLTAIC

Baseline Electricity Mix of Morocco – Installed Capacity by Source (MW, Scenario 1)

Projected Installed Capacity (MW) by Decade and Scenario

Total Investment by Scenario (,000 euros): National and Imported.

Simulations Summary (production, induced and total Effect on GPD, Employment and Added Value).

Scenario 1.- “Business as Usual”.

Scenario 2.- “Smart”.

Scenario 3.- “Export”.

Scenario 4.- “Smart Export”.

Scenario 5.- “Exports – CSP”

Scenario 6.- “Exports – PV”.

Scenario 7.- “Exports – Wind”.

TECHNICAL APENDIX MEGAP:

Notes on MEGAP Moroccan Model

Equations of MEGAP Moroccan Model

EXECUTIVE REPORT

1. Renewable Energies (RES) have become an identity sign of EU's energy policy. The promotion of RES is one of the energy policy responses to climate change, and the emphasis made by the European Commission and some Member States on its deployment has helped to place the EU as a world leader in the sector. However, the contribution of renewable energies has remained marginal in the southern Mediterranean energy mix. The Union for the Mediterranean (UfM) has launched the Mediterranean Solar Plan (MSP) to support RES deployment in the region, and Morocco has shown its interest in participating in the initiative, which would enable the country to exploit their important solar and wind potential, increase energy supply, reduce energy dependency and diversify its energy mix.

2. Morocco is probably the best positioned country to implement the Mediterranean Solar Plan. It has a relatively significant solar and wind energy installed capacity, and given its proximity to Spain (14 km) it has the only functioning electricity interconnection with the EU in the region. With the granting of an ENP Advanced Status to the country, the European Commission and Morocco signed a joint political declaration regarding energy cooperation in 2007. Morocco was then included in the Intelligent Energy Europe initiative through which the Union seeks to promote institutional and regulatory change and pursues sectoral integration below the threshold of membership. In the wake of the Arab Spring, the Commission proposed to extend the Energy Community Treaty to Mediterranean Partner Countries (MPCs) among the measures intended to deepen EU-MPCs economic integration and promote economic development.

3. The MSP would help Morocco to supply its internal electricity markets with RES and exporting the surplus to the EU benefiting from the new green energy trade scheme provided by new Directive 2009/28 article 9. The purpose of this FEMISE research is to reflect on whether the MSP has the potential to become a driver for Moroccan development or can instead be better considered as a EU-centric project aimed at achieving its own environmental objectives together with the promotion of European industries and engineering firms

4. The MSP has two main objectives: to deploy 20 Gigawatts of installed renewable energy capacity in the Mediterranean region by 2020 along with the necessary transmission capacities and cross-border interconnections; and to promote energy efficiency in MPCs. However, to date, the efforts have concentrated on deployment, assessing the maturity of existing RES projects in MPCs, the economic viability of planned projects, and the main technical and financial obstacles concerning their implementation.

5. The MSP is closely linked to Directive 2009/28 on renewable energies, which sets the national objectives for the 2020 RES contribution to the gross total energy consumption fixed by the EU. These targets are challenging for several EU countries, requiring cross-border RES flows (physical or virtual) among the EU, but probably also from third countries, a possibility that is explicitly contemplated by the Directive's article 9. RES-generated electricity exchanges are important within the EU, but are scarce with third countries. Besides the exchanges of wind energy in Northern Europe, only Spain exports so-called green electricity to Morocco. Directive 2009/28 offers an institutional framework to foster the development of Euro-mediterranean cross-border RES flows.

6. The flexibility measures contemplated by the Directive include statistical transfers, joint projects, and joint support mechanisms. Statistical transfers refer to the exchange of green certificates, which can be done within a joint project and can benefit from a commonly agreed joint support mechanism. For green electricity imported from third countries, the conditions are not so flexible: they do not allow statistical transfers, only physical electricity transfers; and to ensure additionality¹, only new installations starting operations after the entry into force of the Directive can be considered in the fulfilment of RES national objectives. Member States can implement joint projects with third countries, including in its national objectives the green electricity imported.

7. These restrictions can however be relaxed. First, in the absence of existing (but projected) operative interconnections, the Member State can include in its national objectives the green electricity that has been agreed until the infrastructures are in place. More importantly, even if statistical transfers with third countries are excluded by the Directive, *de facto* it offers the opportunity to such countries of include it by joining the Energy Community Treaty, whose

¹ Additionality, like in the Clean Development Mechanism, is introduced to foster the deployment of new generation capacities, instead of profiting from already existing plants.

contracting parties can benefit from the same flexibility measures than EU Member States, if it was so decided. This is an open possibility for Morocco to benefit from statistical transfers, widening the opportunities for RES deployment in the country.

8. Directive 2009/28 provides the framework for the integration of RES in the Euro-mediterranean region and the functioning of the MSP. However, the MSP should also reach the UfM's objectives inherited from the Barcelona Process of achieving a shared space of peace and prosperity, reassessed by the recent Joint Communication from the Commission and the High Representative, "Un partenariat pour la démocratie et une prospérité partagée avec le sud de la Méditerranée" (March 8, COM (2011) 200 final), which includes the deployment of RES as a channel for euro-mediterranean cooperation.

9. In this regard, the MSP should also be conceived as a driver for economic development for MPCs in at least five key aspects:

- *To provide part of the energy required by MPCs' economic growth*
- *To contribute to the supply of the modern energy services required by economic development*
- *Contributing to eradicate energy poverty*
- *To use solar and wind energy resources to generate new economic activities, new jobs and new incomes*
- *To provide technical cooperation, training and technology transfers in order for MPCs to be able to reap the benefits of RES deployment*

10. To date, all the studies on the MSP have adopted a technical-economic approach. There are no comprehensive studies on the eventual socio-economic impact of the MSP under different scenarios. It is important to highlight that a comprehensive programme that considers all of these elements will constitute the first occasion in which energy is conceived as an instrument of economic development in the Mediterranean. This FEMISE project tries to set the first steps in such a research agenda.

11. Concerning Morocco, there are several factors that have contributed to the design of a new energy strategy. They can be summarised in supply and demand factors. From the

demand side there are demographic pressures and development requirements, including increasing rates of urbanization, rising transport and industry needs, rural energy modernization, etc.... Energy consumption is also to increase due to new plans launched by the Moroccan government, all of them implying new energy needs: Plan Vert, Plan Emergence, developing a world hub for phosphates, and expanding transport infrastructures. Energy demand is projected to experience a three-fold increase to 2030, especially electricity demand, which would increase from 24.000 GWH in 2008 to 95.000 GWH in 2030. Other, more energy intense scenarios, point to an increase in electricity demand up 133.000 GWH in 2030.

12. From the supply side, Morocco suffers from acute energy dependency ratios, due to scarce conventional energy resources, especially in oil and coal, which constitute almost 90% of Moroccan energy consumption. The energy bill has been rapidly rising during the last decades in two dimensions: the cost of imports represents a significant part of Moroccan trade deficit (oil imports only represent almost 20% of total imports and 50% of the trade deficit); and energy subsidies represent a relevant part of budget expenditures (up to 25%). Morocco wants to develop a diversified basket of RES technologies in order to respond to such supply challenges.

13. As a response to these challenges, the Moroccan government designed a new energy strategy in 2009 mostly aligned with the EU's energy trinity of energy security, competitiveness and environmental sustainability. It also adds country-specific preferences such as the promotion of local expertise and know-how and the exploitation of the country's abundant renewable energies potential. The objective is to reach a 42% contribution of RES to the Moroccan electricity mix in 2020 (including hydro). For that year solar and wind energy would reach 4.000 MW of installed capacity.

14. Since 2000, Morocco has significantly expanded wind energy installed capacity. Current installed capacity is about 200 MW and 1,720 MW are being developed. Wind energy is thought to be a potential engine of growth for the Moroccan economy, allowing for the exploitation of today idle natural resources, attracting foreign investment, creating a new industrial fabric and fostering technological spillovers and human capital formation. Wind energy will increase its contribution to the electricity mix from the current 2% to 14% in 2020.

15. Solar energy deployment, photovoltaic, thermal and concentrated, is intended to be accelerated due to the Moroccan Solar Plan launched by the government. The plan wants to develop the country's huge solar resources, reaching 2,000 MW by 2020, and covering 10% of Moroccan electricity demand for that date. Thermal energy for heating domestic water can make a significant contribution, insofar the current park of heaters represent almost 6% of Moroccan electricity generation. Photovoltaic solar energy is especially well adapted to decentralised rural electrification. As today, 50,000 photovoltaic systems are functioning, and the rural electrification program provides electricity to 200,000 Moroccan rural households. These projects are also institutionally supported by the creation of new national agencies such as the Moroccan Agency For Solar Energy.

16. Within this regional and national context, the main objective of this project is to analyze the economic effects of building Concentrated Solar Plants (CSP), Photovoltaic (PV) and Wind farms (WP) installation in Morocco during the next 30 years. The focus of the study lies on the impact on value added and employment, in order to assess the effect of RES deployment on Moroccan economic growth and development. We analyze several alternatives for future renewable electricity generation mixes in Morocco, comparing its economic effects under the electricity demand forecasted by different agencies and research projects. In doing so, we also address the role of RES in assuring energy development, in the sense of contributing to provide the country's electricity needs.

17. The project generates dynamic simulations in a long term perspective and evaluates different scenarios, applying an econometrical methodology based in a dynamic Input Output Model (I-O model). In order to create this dynamic effect, we incorporate some technical variants in the simulation process to deal with the fundamental changes in the country's economic structure over the long term. Our results shed light on the economic consequences in terms of GDP, value added and employment in Morocco for several plausible scenarios concerning investment in solar and wind energy.

18. In order to determine the investment needed to carry out simulations considering the different technological alternatives, the project identifies three basic inputs: expected electricity demand, investment and operation and maintenance costs, and the learning curve or cost-reduction trend for the different technologies. From these three groups of variables, we can determine the so-called "Business Plan" for each scenario in the simulations performed. The next step consists on distributing the impact of investments among economic sectors through IO tables. The import content of such investments becomes then a key factor in defining the different simulation scenarios by 2040. A detailed methodological chapter discusses these issues more in deep.

19. Given the investment included in the global “Business Plan”, the project discusses seven scenarios of simulation according to two important drivers:

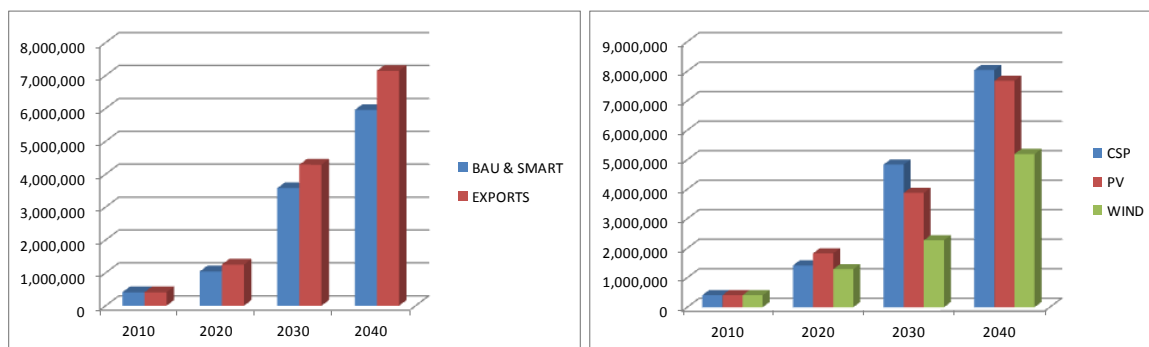
- Exports:
 - No exports are considered: *Business as usual* (BAU) and *Smart* scenarios
 - Additional RES generation is installed to allocate 20% of Moroccan RES generation for green electricity exports: *Export*, *Smart Export*, *Export-CSP*, *Export-PV* and *Export-Wind* scenarios.
- Ratio of investment filtered to equipment imports:
 - There is no reduction in the import content of RES investments, simulating that the Moroccan RES industry is not able to go down the learning curve, and no technological nor training catch up happens to increase the local content of RES components: *BAU* and *Export*, *Export-CSP*, *Export-PV* and *Export-Wind*
 - Morocco is able to catch up with technological transfers, cluster development, specialized training and technological cooperation. As a result the import content of RES investments becomes gradually half of the BAU scenario over the whole period: *Smart* and *Export Smart* scenarios.

20. The *BAU* scenario is a baseline in which there is no exports and no catching up. The *Export* scenario reflects a situation on which an *additional 20%* of Moroccan RES-generated electricity is exported after supplying domestic demand with the mix of RES technologies set by the government. The *Export-CSP*, *Export-PV* and *Export-Wind* scenarios simulate attaining such additional generation capacity (this 20%) exclusively with each of the technologies: CSP, PV or wind. The *Smart Export* scenario seems to be the more attractive in combining both technological and industrial catching up to attain the benefits of exporting Moroccan RES-generated electricity surplus.

21. The total investment is distributed by decades, in order to accomplish the objectives of installed capacity for each technology source. Taking into account the current state of the investments in Morocco and the MASEN plans, probably the economic impact will be very concentrated in the last years of the current decade (2011-2020). For the rest of forecasting periods, we can't assume if the investment is going to be concentrated in two or

three years or it is going to be disseminated around the ten years. So, in order to realize comparisons, we summarize the total impact over the final year GDP².

TOTAL INVESTMENT BY SCENARIO (,000 EUROS)



22. The results of the simulations for each scenario can be summarized as follows:

- In the *BAU* scenario the *value added* global average annual effect on the Moroccan economy resulting from the installation of renewable energy starts at about 0.18% of GDP in 2010 and reaches 1.17% in 2040. The corresponding impact on employment would be about 36,000 new jobs in 2010 and around 265,000 at the end of the forecasting period³.
- In the Export scenario (20% of additional RES electricity installed capacity to export) For scenario III, the effect of exports is relatively small: at the end of the period, the whole value added impact is about 1.41% on GDP (compared with 1.17% in the baseline) and the number of jobs created would be around 319,000.
- In the “Smart Scenario” (just reducing the dependence on imported components), increases the value added impact up to 1.6% at the end of the period (an additional impact of around 0.4% compared with the baseline) and increases by up to 401,000 the creation of employment (around 140,000 more than in the baseline).
- In the “Smart Exports Scenario” (the optimum scenario) the combined impact of RES, reducing dependence on imports and exporting a 20% surplus is equal to 1.9% (in terms of value added) and 482,000 employees.

² In order to realize these relative measures over the GDP, a 4% of annual increase of the Moroccan GDP has been supposed for all the simulation period.

³ In 2010, around 6,900 jobs are directly created by the installation works. The rest is a consequence of indirect and demand induced effects.

- The remaining scenarios (concentrating the exports in just one technology) allow us to make a ceteris paribus comparison on the differential economic impact due to the selection of each one of the three RES technology alternatives.
- The results of scenarios for “export with CSP” and “exports with PV” indicate that both have similar consequences in terms of economic effect on the Moroccan economy, only slightly higher in the case of CSP: the impact on GDP would be about 0.05% higher with CSP than in the photovoltaic.
- In contrast, the “wind farm exports” scenario makes a clear difference: the impact would represent 1.8% of GDP in 2040 compared to 1.25% average of the two alternative sources and, regarding employment, the use of this alternative would lead to about 415,000 jobs in the economy (140,000 jobs more than the BAU scenario).

**Comparative Summary of Basic Results for the Different Scenarios of Simulation
(Impact on Value Added in % of GDP and Employment at the End of the Simulating
Period)**

		PROGRESSIVE REDUCTION OF IMPORTED COMPONENTS		
		NO	YES	
EXPORTING	NO	“B.A.U.” +1.17% GDP +265,730 Empl	“SMART” +1.59% GDP +401,671 Empl.	
	20% OF RENEWABLE ENERGY	“EXPORTS” +1.41% GDP +318,876 Empl.	“SMART EXPORTS” +1.91% GDP +482,005 Empl.	
	INCREASING THE INSTALLED CAPACITY IN RENEWABLES TO EXPORT WITH...	...CSP PLANTS	+1.27% GDP +289,369 Mill.	-
		...PV PLANTS	+1.24% GDP +282,631 Empl.	-
		...WIND FARMS	+1.6% GDP +415,032 Empl.	-

New Employment by Scenario (Full-Time Equivalent Workers)

Scenario	2010	2020	2030	2040
BAU	35,989	67,609	162,931	265,730

SMART	35,989	79,561	223,519	401,671
EXPORTS	35,989	81,130	195,517	318,876
SMART EXPORTS	35,989	95,474	268,223	482,005
V (CSP)	35,989	81,418	178,633	289,369
VI (PV)	35,989	78,304	162,220	282,631
VII (WIND)	35,989	96,671	238,113	415,032

Detailed Figures of Added Value Impact by Scenario (,000 €)

Scenario	2010	2020	2030	2040
BAU	137,936	295,070	828,276	1,555,418
SMART	137,936	330,489	1,043,678	2,104,220
EXPORTS	137,936	354,084	993,931	1,866,502
SMART EXPORTS	137,936	396,586	1,252,414	2,525,064
V (CSP)	137,936	334,664	888,130	1,679,047
VI (PV)	137,936	327,647	833,800	1,645,104
VII (WIND)	137,936	443,991	1,274,363	2,467,939

23. Taking into account some additional issues computed through the General Equilibrium Model of the “Haut Commissariat du Plan de Maroc”: Real GDP growth could be higher by 0.4% in the first years and 0.1% in the end. This potential growth will increase with the increase in energy capacity. Increase of labor income which will be higher by 1.71%. Government savings which will increase by 3.8% and total government revenue will be higher by 0.64%

24. The general conclusion is that RES deployment entails significant economic opportunities for Morocco in terms of GDP and employment. In the proposed scenarios, the figures for economic impact on GDP vary from 1.17% to 1.9% at the end of the period (2040), with employment figures for full-time equivalent direct and indirect effects on the economy between 267 and 482 thousand jobs. Our results conclude that the alternative that produces more benefits in terms of GDP and employment growth is the installation of wind, whatever the framework of exports and imports is contemplated. Obviously, this conclusion is related with the current Moroccan capacity to build and to install windmills. The mature Moroccan industry in this technology allows the country to be an important exporter of these engines already.

25. However, our results also show that policy decisions regarding exports and improving local capacities are crucial in profiting the most from the opportunities RES deployment offers to Morocco. The best economic performance is attained in the *Smart Export* scenario. But even in the absence of catching up, significant employment and GDP figures result from the *Export-Wind* scenario, which represents a less ambitious approach.

RAPPORT EXÉCUTIVE

1. Les énergies Renouvelables (ER) sont devenues un signe d'identité de la politique énergétique de l'UE. La promotion des énergies renouvelables est l'une des réponses de la politique énergétique au changement climatique, et l'accent mis par la Commission européenne et certains États membres sur son déploiement a contribué à placer l'UE comme leader mondial dans le secteur. Toutefois, la contribution des énergies renouvelables est restée marginale dans le mix énergétique dans le Sud de la Méditerranée. L'Union pour la Méditerranée (UPM) a lancé le Plan Solaire Méditerranéen (PSM) pour soutenir le déploiement des énergies renouvelables dans la région, et le Maroc a montré un intérêt particulier à participer à cette initiative. Celle-ci devrait lui permettre d'exploiter son important potentiel solaire et éolien, d'augmenter son approvisionnement en énergie, de réduire sa dépendance énergétique et, enfin de diversifier son mix énergétique.

2. Le Maroc est probablement le pays le mieux placé pour mettre en œuvre le Plan Solaire Méditerranéen. En effet, il dispose déjà d'une capacité d'énergie solaire et éolienne installée relativement importante, et compte tenu de sa proximité avec l'Espagne (14 km) il dispose de l'interconnexion la plus poussée avec l'UE dans la région. Avec l'octroi du statut avancé au pays, la Commission européenne et le Maroc ont signé une déclaration politique conjointe concernant la coopération énergétique en 2007. Le Maroc a été ensuite inclus dans l'initiative « Énergie Intelligente Europe » à travers laquelle l'Union cherche à promouvoir des changements institutionnels et réglementaires et poursuit l'intégration sectorielle en dessous du seuil de l'adhésion. Dans le sillage du printemps arabe, la Commission a proposé d'étendre le Traité d'énergie de la communauté aux pays partenaires méditerranéens (PPM) parmi les mesures destinées à approfondir l'UE-PPM intégration économique et promouvoir le développement économique.

3. Le MSP va aider le Maroc en vue d'approvisionner ses marchés intérieurs d'électricité avec des énergies renouvelables et exporter les excédents vers l'UE

bénéficiant du nouveau régime de commerce d'énergie verte fournie par la directive 2009/28 du nouvel article 9. Le but de cette recherche FEMISE est de réfléchir à la question de savoir si le MSP a le potentiel pour stimuler le développement du Maroc ou bien doit être considéré comme un projet UE-centrique visant à atteindre ses propres objectifs environnementaux ainsi que la promotion des industries européennes et des firmes d'ingénierie.

4. Le MSP a deux objectifs principaux: de déployer 20 gigawatts de capacité installée d'énergie renouvelable dans la région méditerranéenne à l'horizon 2020 avec les capacités de transport nécessaires et les interconnexions transfrontalières, et de promouvoir l'efficacité énergétique dans les PPM. Toutefois, à ce jour, les efforts se sont concentrés sur le déploiement, l'évaluation de la maturité des projets RES existants dans les PPM, la viabilité économique des projets planifiés, et les principaux obstacles techniques et financiers concernant leur application.

5. Le MSP est étroitement liée à la directive 2009/28 sur les énergies renouvelables, qui fixe les objectifs nationaux pour la contribution des ER en 2020 à la consommation totale d'énergie brute fixée par l'UE. Ces objectifs sont difficiles pour plusieurs pays européens, nécessitant des flux transfrontaliers des ER (physique ou virtuel) au sein de l'UE, mais probablement aussi en provenance des pays tiers, une possibilité qui est explicitement visée par l'article 9 de la directive. Les échanges d'électricité ayant pour source les énergies renouvelables sont importants au sein de l'UE, mais sont rares avec les pays tiers. Outre les échanges d'énergie éolienne en Europe du Nord, seule l'Espagne exporte l'électricité verte au Maroc. La directive 2009/28 offre un cadre institutionnel pour favoriser le développement des relations euro-méditerranéennes des flux transfrontaliers RES.

6. Les mesures de flexibilité envisagées par la directive incluent les transferts statistiques, des projets communs, et des mécanismes de soutien. Les transferts statistiques se réfèrent à l'échange de certificats verts, ce qui peut être fait dans un projet commun et peut bénéficier d'un mécanisme de soutien conjoint d'un commun accord.

Pour l'électricité verte importée de pays tiers, les conditions ne sont pas si flexibles: elles ne permettent pas les transferts statistiques, seuls les transferts physiques d'électricité et seules les nouvelles installations mises en œuvre après l'entrée en vigueur de la directive, peuvent être considérés dans la réalisation des objectifs nationaux en matière d'ER. Les Etats membres peuvent mettre en œuvre des projets conjoints avec les pays tiers, y compris dans leurs objectifs nationaux d'électricité verte importée.

7. Ces restrictions peuvent cependant être assouplies. Tout d'abord, en l'absence d'interconnexions opérationnelles (mais déjà projetées), l'État membre peut inclure dans ses objectifs nationaux l'électricité verte avant que les infrastructures ne soient en place. Plus important encore, même si les transferts statistiques avec les pays tiers sont exclus, de facto, par la directive, il y a possibilité pour ces pays d'inclure cet échange en rejoignant le traité énergétique communautaire, dont les parties contractantes peuvent bénéficier des mesures plus souples que les États membres de l'EU, s'il en est ainsi décidé. Ceci est une possibilité ouverte pour le Maroc de bénéficier de transferts statistiques et l'élargissement des opportunités pour le déploiement de RES dans le pays.

8. La directive 2009/28 fournit le cadre pour l'intégration des ER dans la région euro-méditerranéenne et le fonctionnement du MSP. Toutefois, le MSP devrait également atteindre les objectifs de l'UFM hérité du Processus de Barcelone d'atteindre un espace partagé de paix et de prospérité, réévalué par la récente communication conjointe de la Commission et les Hauts Représentants, "Un Partenariat pour la démocratie et Une Prospérité Partagée avec le Sud de la Méditerranée "(Mars 8, COM (2011) 200 final), qui comprend le déploiement des énergies renouvelables comme un canal pour la coopération euro-méditerranéenne.

9. À cet égard, le MSP doit aussi être conçu comme un moteur de développement économique pour les pays partenaires méditerranéens dans au moins cinq aspects clés:

- Pour fournir une partie de l'énergie requise par la croissance économique des PPM ;

- Pour contribuer à la fourniture des services énergétiques modernes exigées par le développement économique ;
- Contribuer à l'éradication de la pauvreté énergétique ;
- Pour utiliser les ressources énergétiques solaires et éoliennes pour générer de nouvelles activités économiques, de nouveaux emplois et de nouveaux revenus ;
- Pour fournir une assistance technique, transferts de coopération, la formation et la technologie pour que les PPM soient en mesure de récolter les bénéfices des énergies renouvelables le déploiement.

10. À ce jour, toutes les études sur les MSP ont adopté une approche technico-économique. Il n'y a pas d'études exhaustives sur l'éventuel impact socio-économique du MSP selon différents scénarios. Il est important de souligner qu'un programme complet qui prend en compte tous ces éléments constitue la première occasion dans laquelle l'énergie est conçue comme un instrument de développement économique en Méditerranée. Ce projet FEMISE essaye de définir les premières étapes d'un tel programme de recherche.

11. Concernant le Maroc, il ya plusieurs facteurs qui ont contribué à la conception d'une nouvelle stratégie énergétique. Ils peuvent être résumés dans les facteurs de l'offre et la demande. Du côté de la demande il ya les pressions démographiques et les exigences du développement, y compris les taux d'urbanisation croissant, l'augmentation des besoins de transport et de l'industrie, de la modernisation de l'énergie rurale, etc La consommation d'énergie a également augmenté en raison de nouveaux plans lancés par le gouvernement marocain, tous impliquant des besoins énergétiques nouveaux: Plan Vert, Plan Emergence, développement d'un centre mondial des phosphates et des infrastructures de transport en pleine expansion. La demande d'énergie devrait connaître une multiplication par trois d'ici 2030, la demande d'électricité en particulier, qui passerait de 24.000 GWH en 2008 à 95.000 GWH en 2030. Par ailleurs, les scénarios d'utilisation intense d'énergie indiquent une augmentation de la demande d'électricité jusqu'à 133.000 GWH en 2030.

12. Du côté de l'offre, le Maroc souffre de taux de dépendance énergétique accru, en raison des faibles ressources énergétiques conventionnelles, en particulier dans le pétrole et le charbon, qui constituent près de 90% de la consommation énergétique marocaine. La facture énergétique a augmenté rapidement au cours des dernières décennies avec deux implications majeures: le coût des importations représente une part importante du déficit commercial marocain (les importations de pétrole ne représentent que près de 20% du total des importations et 50% du déficit commercial) et les subventions énergétiques représentent une partie importante des dépenses budgétaires (jusqu'à 25%). Le Maroc veut développer un bouquet diversifié de technologies renouvelables afin de répondre aux défis de l'approvisionnement énergétique.

13. En réponse à ces défis, le gouvernement marocain a conçu une nouvelle stratégie énergétique en 2009 essentiellement aligné avec l'UE en matière énergétique, à savoir : la sécurité énergétique, la compétitivité et la durabilité environnementale. Il ajoute également des préférences spécifiques telles que la promotion de l'expertise locale, le savoir-faire et l'exploitation du potentiel des énergies renouvelables du pays. L'objectif est d'atteindre une contribution de 42% des ER au mix électrique marocain en 2020 (y compris l'hydroélectricité). Pour cette année l'énergie solaire et éolienne devrait atteindre 4.000 MW de capacité installée.

14. Depuis 2000, le Maroc a considérablement accru sa capacité d'énergie éolienne installée. La capacité installée actuelle est d'environ 200 MW et 1720 MW sont en cours de développement. L'énergie éolienne est pensée pour être un moteur potentiel de croissance pour l'économie marocaine, permettant l'exploitation des ressources naturelles, l'attraction des investissements étrangers, la création d'un nouveau tissu industriel et favoriser les retombées technologiques et la formation de capital humain. L'énergie éolienne va augmenter sa contribution au mix d'électricité de 2% à 14% en 2020.

15. Le déploiement de l'énergie solaire, photovoltaïque, thermique et concentré, est destiné à être accéléré en raison du plan solaire marocain lancé par le gouvernement. Le

plan veut développer d'énormes ressources solaires, atteignant 2.000 MW en 2020, et couvrant 10% de la demande d'électricité du Maroc à cette date. L'énergie thermique pour chauffer l'eau domestique peut apporter une contribution significative, dans la mesure où le parc actuel représente presque 6% de la production d'électricité marocaine. L'énergie solaire photovoltaïque est particulièrement bien adaptée à l'électrification rurale décentralisée. Aujourd'hui, 50 000 systèmes photovoltaïques fonctionnent, et le programme d'électrification rurale fournit de l'électricité à 200.000 ménages marocains en milieu rural. Ces projets sont aussi institutionnellement soutenus par la création de nouveaux organismes nationaux tels que l'Agence marocaine pour l'énergie solaire.

16. Dans ce contexte régional et national, l'objectif principal de ce projet est d'analyser les effets économiques de la construction de centrales solaires concentrées (CSP), photovoltaïque (PV) et de parcs éoliens (WP) au Maroc au cours des 30 prochaines années. L'objectif de l'étude se base sur l'impact sur la valeur ajoutée et l'emploi, afin d'évaluer l'effet du déploiement des énergies renouvelables sur la croissance économique marocaine et le développement. Nous analysons plusieurs alternatives pour la production d'électricité renouvelable au Maroc, en comparant ses effets économiques au vu de la demande d'électricité prévue par les différents organismes et projets de recherche. Ce faisant, nous abordons également le rôle des énergies renouvelables dans le développement énergétique, dans le sens de la contribution à subvenir aux besoins en électricité du pays.

17. Le projet génère des simulations dynamiques dans une perspective à long terme et évalue différents scénarios, en appliquant une méthodologie économétrique basée sur un modèle Input Output dynamique (I-O model). Afin de créer cet effet dynamique, nous intégrons certaines variantes techniques dans le processus de simulation pour faire face aux changements fondamentaux dans la structure économique du pays sur le long terme. Nos résultats apportent un éclairage sur les conséquences économiques en termes de PIB, valeur ajoutée et l'emploi au Maroc pour plusieurs scénarios plausibles concernant les investissements dans les énergies solaire et éolienne.

18. Afin de déterminer les investissements nécessaires pour réaliser les simulations en tenant compte des différentes alternatives technologiques, le projet identifie trois entrées de base: la demande d'électricité prévue, l'investissement et les coûts d'exploitation et de maintenance et la courbe d'apprentissage ou de tendance à la réduction des coûts pour les différentes technologies. De ces trois groupes de variables, nous pouvons déterminer le "Business Plan" pour chaque scénario dans les simulations effectuées. L'étape suivante consiste à répartir l'impact des investissements entre les secteurs économiques à travers des tableaux entrées-sorties. Le contenu en importations des investissements devient alors un facteur clé dans la définition des différents scénarios de simulation en 2040. Dans le travail de recherche, un chapitre est consacré aux questions méthodologiques.

19. Compte tenu des investissements inclus dans le "Business Plan" global, le projet aborde sept scénarios de simulation en fonction de deux facteurs importants:

- Exportations:
 - Les exportations ne sont pas considérées: *Business as usual* (BAU) et des scénarios intelligents.
 - Une capacité supplémentaire de production des ER est installée pour permettre l'allocation de 20% des ER aux exportations d'électricité verte: *Export, Smart Export, Export-CSP, Export-PV et Export-Wind* sont les différents scénarios étudiés.

- Taux d'investissement lié aux importations de matériel:
 - Il n'y a pas de réduction du contenu en importations des investissements ER, simulant que l'industrie marocaine des ER n'est pas capable de réduire la courbe d'apprentissage, ni l'appropriation technologique, ni l'amélioration

de la formation pour augmenter la teneur locale des composants des ER: BAU et de l'Exportation, Export-CSP, Export-PV et Export-Wind.

- Le Maroc est en mesure de bénéficier des transferts technologiques, de connaître un développement des grappes, une formation spécialisée et la coopération technologique. En conséquence, le contenu en importations des investissements RE devient progressivement la moitié du scénario BAU sur toute la période: des scénarios intelligents et l'exportation intelligente sont envisagés.

20. Le scénario BAU est une référence dans lequel il n'ya pas d'exportations et aucun rattrapage. Le scénario d'exportation reflète une situation sur laquelle un supplément de 20% des d'électricité marocaine ER est produite et exportée après avoir satisfait la demande intérieure avec le mix de technologies RE fixé par le gouvernement. L'Export-CSP, Export-PV et Export-Vent scénarios simulent d'atteindre une telle capacité de production supplémentaire (20%) exclusivement avec chacune des technologies: CSP, PV ou éolien. Le scénario Smart Export semble être la plus attrayante en combinant à la fois un rattrapage technologique et industriel pour atteindre l'exportation marocaine de surplus d'électricité d'origine renouvelable produite localement.

21. Afin d'atteindre les objectifs de capacité installée pour chaque source de la technologie, l'investissement total est réparti de façon décennale. Tenant compte de l'état actuel des investissements au Maroc et les plans de MASEN, l'impact économique sera probablement très concentré sur les dernières années de la décennie actuelle (2011-2020). Pour le reste des périodes de prévision, nous ne pouvons assurer si l'investissement va être concentré sur deux ou trois ans ou réalisé sur les dix ans. Ainsi, afin de réaliser des comparaisons, nous résumons l'impact total sur le PIB en fin d'année.

22. Les résultats des simulations pour chaque scénario peuvent être résumés comme suit:

- Dans le scénario BAU, la valeur ajoutée globale annuelle moyenne de l'effet sur l'économie marocaine résultant de l'installation d'énergies renouvelables est d'environ 0,18% du PIB en 2010 et atteint 1,17% en 2040. L'impact correspondant sur l'emploi serait d'environ 36 000 nouveaux emplois en 2010 et aux alentours de 265 000 à la fin de la période de prévision.
- Dans le scénario de l'exportation (20% de la capacité installée d'électricité d'origine renouvelable à l'exportation): Pour le scénario III, l'effet des exportations est relativement faible: à la fin de la période, l'impact est environ 1,41% sur le PIB (par rapport à 1,17% dans le scénario de base) et le nombre d'emplois créés serait d'environ 319 000.
- Dans le «scénario intelligent" (juste en réduisant la dépendance sur les composants importés), l'impact sur la valeur ajoutée augmente jusqu'à 1,6% à la fin de la période (un impact supplémentaire d'environ 0,4% par rapport à la ligne de base) et une augmentation de près de 401 000 emplois (environ 140 000 de plus).
Dans le «scénario exportations intelligentes» (le scénario optimal) l'impact combiné des énergies renouvelables, réduira la dépendance sur les importations et l'exportation avec un surplus de 20% est égale à 1,9% (en termes de valeur ajoutée) et 482 000 emplois créés.
- Les autres scénarios (la concentration des exportations dans une seule technologie) nous permettent de faire une comparaison ceteris paribus sur l'impact du différentiel économique due à la sélection de chacune des trois variantes technologiques RES. Les résultats des scénarios pour "exportation avec CSP" et "exportations avec PV» indiquent que les deux ont des conséquences similaires en termes d'effet sur l'économie marocaine, à peine plus élevé dans le cas des CSP: l'impact sur le PIB serait d'environ 0,05 % plus élevée avec CSP que dans le photovoltaïque. En revanche, le «parc éolien des exportations" scénario fait ressortir des différences nettes: l'impact représenterait 1,8% du PIB en 2040 comparé à 1,25% en moyenne des deux sources de substitution et, concernant l'emploi, l'utilisation de cette alternative

conduirait à environ 415 000 emplois dans l'économie (140 000 emplois de plus que le scénario BAU).

Tableau comparatif des résultats pour les différents scénarios de simulation
(Impact sur la valeur ajoutée en% du PIB et sur l'emploi à la fin de la période de simulation)

		Réduction progressive des composantes importées		
		NO	OUI	
Exportation	NO	“B.A.U.” +1.17% GDP +265,730 Empl	“SMART” +1.59% GDP +401,671 Empl.	
	20% de l'énergie renouvelable	“EXPORTS” +1.41% GDP +318,876 Empl.	“SMART EXPORTS” +1.91% GDP +482,005 Empl.	
	Augmentation de la capacité installée en énergies renouvelables destinée à l'export	...CSP PLANTS	+1.27% GDP +289,369 Mill.	-
		...PV PLANTS	+1.24% GDP +282,631 Empl.	-
		...ÉOLIEN	+1.6% GDP +415,032 Empl.	-

Détail de l'impact sur la valeur ajoutée par scénario (,000 €)

Scénario	2010	2020	2030	2040
BAU	35,989	67,609	162,931	265,730
SMART	35,989	79,561	223,519	401,671
EXPORTS	35,989	81,130	195,517	318,876

SMART EXPORTS	35,989	95,474	268,223	482,005
V (CSP)	35,989	81,418	178,633	289,369
VI (PV)	35,989	78,304	162,220	282,631
VII (WIND)	35,989	96,671	238,113	415,032

Détail de l'impact sur la valeur ajoutée par scenario (,000 €)

Scenario	2010	2020	2030	2040
BAU	137,936	295,070	828,276	1,555,418
SMART	137,936	330,489	1,043,678	2,104,220
EXPORTS	137,936	354,084	993,931	1,866,502
SMART EXPORTS	137,936	396,586	1,252,414	2,525,064
V (CSP)	137,936	334,664	888,130	1,679,047
VI (PV)	137,936	327,647	833,800	1,645,104
VII (WIND)	137,936	443,991	1,274,363	2,467,939

23. La conclusion générale est que le déploiement des ER entraîne d'importantes possibilités économiques pour le Maroc en termes de PIB et d'emploi. Dans les scénarios proposés, l'impact économique sur le PIB varie de 1,17% à 1,9% en fin de période (2040), avec une amélioration de l'emploi à plein temps (effets directs et indirects) allant de 1,5 à 2,4 millions d'emplois. Nos résultats permettent de conclure que l'alternative générant d'avantage de valeur ajoutée en % du PIB et la croissance de l'emploi est l'installation d'éoliennes, quel que soit le cadre des exportations et des importations envisagé. Evidemment, cette conclusion est liée à la capacité actuelle du Maroc pour construire et installer des éoliennes. L'industrie

marocaine, étant assez avancée dans cette technologie, permet au pays d'être un exportateur important dès à présent.

24. Cependant, nos résultats montrent également que les décisions politiques concernant les exportations et l'amélioration des capacités locales sont cruciales pour profiter au maximum des possibilités offertes par le déploiement des ER au Maroc. La meilleure performance économique est atteinte dans le scénario de Smart Export. Mais même en l'absence de rattrapage, beaucoup d'emplois et d'accroissement de la valeur ajoutée résultent du scénario-Wind, bien qu'il représente une approche moins ambitieuse.

THE MEDITERRANEAN SOLAR PLAN AND ENERGY DEVELOPMENT

José María Marín and Gonzalo Escribano, UNED

Introduction

Renewable Energies (RES) have become an identity sign of EU's energy policy. Concerns about pollution and climate change have raised public awareness and placed environmental objectives high in the European political agenda. The promotion of RES is one of the energy policy responses, together with other low carbon technologies (nuclear, and carbon capture and storage) and energy efficiency measures, to address such preferences.

The emphasis on RES made by the European Commission and some Member States has helped to place the EU as a world leader in the sector. The European RES industry has positioned itself on the technological frontier, European utilities and grid operators are among the most experienced in integrating renewable sources in the energy system, and Member States' regulatory frameworks usually serve as international benchmarks. All these elements have resulted in increasing contributions from renewables to the EU's energy mix and the setting of more ambitious targets.

However, apart from some country exceptions, the contribution of renewable energies has remained marginal in the global energy mix and its benefits very unevenly distributed. Furthermore, the contribution of renewable energies to economic and human development in developing countries remains largely unexplored, including the European neighbourhood. According to the United Nations Environment Programme (2010), RES investment towards the Middle East and Africa went from \$0,2 billion in 2004 to \$2,5 billion in 2009, but is still representing a very small fraction of global RES investments. In fact, most of this investment went to Egypt with \$490 million for a 200 Megawatt wind project in the Gulf of El Zayt, jointly funded by the European Investment Bank and German development bank KfW.

With this in mind, the Union for the Mediterranean (UfM) has launched a Mediterranean Solar Plan intended to deploy renewable energies in the southern shore of the Mediterranean with EU support. Morocco has shown its interest in participating in this

initiative, which would enable the country to exploit their important solar and wind potential, increase energy supply, reduce energy dependency and diversify its energy mix.

Morocco is probably the best positioned country within the Southern Mediterranean region to implement the Mediterranean Solar Plan: it already has a relatively significant solar and wind energy installed capacity, and given its proximity to Spain (14 km) it has the only relevant and functioning electricity interconnection with the EU in the whole region. Moreover, together with the granting of an ENP Advanced Status to the country, the European Commission and Morocco signed a joint political declaration regarding energy cooperation in 2007. Morocco was then included in EU energy initiatives such as Intelligent Energy Europe through which the Union seeks to promote institutional and regulatory change and pursues sectoral integration below the threshold of membership (Carafa, 2010).

In principle, the Solar Plan will help Morocco to supply its internal electricity markets and eventually exporting the surplus to the EU benefiting from the new green energy trade scheme provided by new Directive 2009/28 article 9. The purpose of this FEMISE research is, first, to reflect on whether the deployment of renewable energies in Morocco can contribute to the economic development of the country, to what extent and under which conditions. That is, answer the question on whether the Med Solar Plan has the potential to become a driver for Moroccan development or can instead be better considered as a EU-centric project aimed at achieving its own environmental objectives together with the promotion of European industries and engineering firms (Marín and Escribano, 2010).

This document deals with the basic framework regarding the deployment of RES in Mediterranean Partner Countries (MPCs). First, it presents the evolution and contents of the Mediterranean Solar Plan (MSP) itself in the context of the Union for the Mediterranean (UfM). Secondly, it explores the renewable energies' regulatory framework concerning EU and third countries cross-border green electricity exchanges established by Directive 2009/28. Finally, it analyses the role of RES in promoting energy development in MPCs within the context described by the first to sections of the paper.

The Mediterranean Solar Plan

The Mediterranean Solar Plan, it is one of the six projects considered by the UfM, the new label of the Barcelona Process created in 1995 to channel Euro-Mediterranean relations. The UfM was formally established on 13th July 2008 in the Paris Summit under the French

Presidency of the EU. The Summit adopted a declaration establishing an institutional structure and proposing a series of specific priority projects: de-pollution of the Mediterranean, maritime highways, civil protection, solar plan, higher education and the development of small and medium sized enterprises.

One of the six projects listed in the annex of the Paris Declaration is the so-called “Alternative Energies: Mediterranean Solar Plan”. The Declaration estimates that “market development as well as research and development of all alternative sources of energy are therefore a major priority in efforts towards assuring sustainable development.” And concludes: “the Secretariat is tasked to explore the feasibility of, development and creation of a Mediterranean Solar Plan.” Despite the precision about the Solar Plan, the sense of the Declaration calls for the mobilisation of all alternative energies to export green electricity produced in the MPCs to the EU.

It is interesting to see how the MSP was included among the projects considered by the UfM. Its inclusion came out of the French-German bargaining that led to the Paris Declaration. The origins of the MSP are to be found in the Trans-Mediterranean Renewable Energy Cooperation Network (TREC) – a partnership between the Club of Rome, the Hamburg Climate Protection Foundation and the National Energy Research Centre of Jordan created in 2003. Together with the German Aerospace Centre (DLR), the TREC developed the Desertec project, a UE-MENA initiative based upon thermo-solar energy. With the support of the Greens and the German industry, the German government supported the Desertec initiative in its 2007 Presidency of the EU.

A few months later the Desertec (2008) White Book was presented at the European Parliament, and begun to receive increasing support in Brussels. At the same time, French President Nicolas Sarkozy was trying to materialize his idea about a Mediterranean Union, facing strong opposition from Germany’s Chancellor Angela Merkel. A final deal was reached in Hannover, March 2008, with the Union for the Mediterranean being watered down to a UfM connected to the Barcelona Process and including the MSP as its flagship project.

The MSP has two main objectives: first, to deploy 20 Gigawatts of installed renewable energy capacity in the Mediterranean region by 2020 along with the necessary transmission

capacities and cross-border interconnections; and second, to promote energy efficiency in MPCs. However, to date, the efforts have concentrated the deployment objective, mainly in assessing the maturity of existing RES projects in MPCs, the economic viability of planned projects, and the main technical and financial obstacles concerning their implementation.

With the aim of fostering RES deployment under the MSP, the French-Egyptian co-Presidency of the UfM adopted an “Immediate Action Plan 2009-2010” to develop concrete projects. Its objectives were to advance in the learning curve, organise efficient governance in the MPCs, and involve public and private stakeholders. It also proposed the setting up of several projects to enable the countries involved to define and test their respective policy framework (tariffs, agreements, licensing...), new funding mechanisms, and new schemes to export green electricity to Europe. The criteria established for the selection of projects was the capacity to start them in 2009-2010, the existence of an industrial sponsor and the commitment of the host country to assure the commercial feasibility of the project.

The co-Presidency proposed the creation of a technical group with representatives from several Euro-Mediterranean countries with the aim of carrying out the selection of these projects and discussing the preparation of other action plans. It was also proposed to work with the multilateral funding institutions to design a funding scheme to facilitate this kind of project. In parallel to the application of the “Immediate Action Plan 2009-2010”, this task force would prepare a Master Plan 2011-2020. Its main generic objectives would be developing concrete and profitable projects, promoting private/public and private/private projects in order to boost industrial developments, boosting energy market integration and regional harmonisation, mainstreaming financial and administrative schemes to facilitate project implementation, changing energy habits and carrying out studies (on solar and wind resources, regulation and its harmonisation, public incentives, evaluation methodologies, etc...).

Tasked with the development of the projects, the UfM’s Secretariat plays a central role in the institutional network. The delay in its operative constitution first, and then the resignation of its first Secretary General, has not allowed it thus far to invigorate the process, but some ideas have been advanced to allow progress in the field of renewable energies and interconnection of the two shores of the Mediterranean. The Road Map designed (Immediate and Master Plans) has been standardised with the cooperation of core countries (Germany, Spain, Italy and France from Europe; Morocco and Egypt from the MPCs). In the Meeting of

Energy Ministers in June 2009 two documents were produced. First, a strategic document which includes all renewable technologies (moderating the solar bias and giving a greater role to wind energy), as well as energy efficiency and technological cooperation, The second document referred to the governance of the process, designing a small structure based on a Steering Committee and an Interim Task Force and the principle of variable geometry.

In February 2010, an ad-hoc experts group examined a MSP strategy paper which was endorsed by the Ministers of Energy and heads of delegation of the UfM at the sixth Euro-Mediterranean Ministerial Conference on Energy and Renewable Energy held in Cairo on 2-3 June 2010. The Secretariat was urged to develop the Master Plan for the large scale deployment of renewable energy project under the MSP to be delivered in June 2012 the latest⁴. The Master Plan should design the Road Map for the deployment phase of the MSP (2012-2020). At the European Investment Bank's eighth FEMIP (Facility for Euro-Mediterranean Investment and Partnership) conference and the Mediterranean Solar Plan conference jointly held in Valencia in May 2010, the commitment to foster RES deployment was reinforced by EIB and Member States' high officials.

Later in 2010, the Commission launched the programme 'Paving the way for the Mediterranean Solar Plan', intended to foster RES regulatory convergence between the EU and MPCs. While 'convergence' is mainly understood as MPCs adopting the relevant RES *acquis communautaire*, this is not a binding procedure. MPCs convergence towards EU's rules is to be monitored through technical benchmarks, but the interaction of this programme with the design of the Master Plan by the UfM's Secretariat remains unclear. The current institutional vacuum afflicting the UfM's Secretariat, with its Secretary General having recently resigned and the UfM itself paralysed by ongoing events in the southern shore of the Mediterranean, risks deepening this apparent lack of consistency between the Commission and the UfM Secretariat initiatives.

The EU's Directive 2009/28 on the promotion of renewable energies

Directive 2009/28 on renewable energies fixes the national objectives for the 2020 RES contribution to the gross total energy consumption fixed by the EU. As table 1 suggests, these targets will prove to be very challenging for several countries which start from a very low level

⁴ Council of the European Union (2010), *Note from the General Secretariat of the Council to Delegations*, 9558/10, Brussels, 7 May.

of RES deployment. To accomplish such objectives will require cross-border RES flows (physical or virtual) among the EU, but probably also from third countries, a possibility that is explicitly contemplated by the Directive's article 9.

Table 1: EU's national objectives for the 2020 RES contribution to the gross total energy consumption according to EU's Directives

	RES contribution to gross total energy consumption, 2008	RES contribution to gross total energy consumption, 2020
Belgium	3,3%	13,0%
Bulgaria	9,4%	16,0%
Czech Republic	7,2%	13,0%
Denmark	18,8%	30,0%
Germany	9,1%	18,0%
Estonia	19,1%	25,0%
Ireland	3,8%	16,0%
Greece	8,0%	18,0%
Spain	10,7%	20,0%
France	11,0%	23,0%
Italy	6,8%	17,0%
Cyprus	4,1%	13,0%
Latvia	29,9%	40,0%
Lithuania	15,3%	23,0%
Luxembourg	2,1%	11,0%
Hungary	6,6%	13,0%
Malta	0,2%	10,0%
Netherlands	3,2%	14,0%
Austria	28,5%	34,0%
Poland	7,9%	15,0%
Portugal	23,2%	31,0%

Romania	20,4%	24,0%
Slovenia	15,1%	25,0%
Slovakia	8,4%	14,0%
Finland	30,5%	38,0%
Sweden	44,4%	49,0%
United Kingdom	2,2%	15,0%
European Union (27)	10,3%	20,0%

Fuente: Eurostat,

http://epp.eurostat.ec.europa.eu/tgm/table.do?tab=table&init=1&plugin=1&language=en&pcode=t2020_31

In the present day there are few international RES flows. Perhaps the better known example is bio-fuels, but even this commoditised renewable source lacks a truly functioning international market. In fact, Brazilian efforts concentrate precisely in creating a world market for ethanol. There are other few examples of cross-border electricity exchanges which includes renewable sources. RES-generated electricity exchanges are important within the EU, but are scarce with third countries. Besides the exchanges of wind energy in Northern Europe, only Spain exports so-called green electricity to Morocco through the Gibraltar Strait. However, the Directive 2009/28 tries to offer an institutional framework to foster the development of cross-border RES flows, intra and extra-EU.

The MSP is intended to integrate the significant renewable resources available in the southern shore of the Mediterranean into the EU's energy space. Despite the precision about the Solar Plan, the sense of the Declaration calls for the mobilisation of all RES to export the electricity produced in the Mediterranean Partner Countries to the EU. The Plan wants to promote the installation of renewable electricity generation capacities in MPCs, mainly in wind, solar-thermal and photovoltaic energy. The Plan also contemplates the construction of high-capacity High Voltage Direct Current (HVDC) lines to transmit the green electricity generated in the southern shore of the Mediterranean to the EU. The development of electricity corridors between the Mediterranean Partner Countries and Mediterranean Europe, and between the latter and the rest of the European continent, is needed to transmit green electricity to the EU.

Given that electricity systems in the southern shore of the Mediterranean are much weaker than the European ones, the improvement of its electricity grids and intra-regional interconnections will also prove necessary. The fact of connecting their grids with the EU and between the MPCs themselves enhances their systems but requires an effort of modernisation. A significant increase in the contribution of renewable energies could mean a challenge of additional improvement for their system, given that renewable energies require important network capacities and greater flexibility of the system to be able to manage it appropriately.

Directive 2009/28, which explicitly contemplates the MSP, recognises that its quantitative goals regarding 20% RES contribution to the EU's energy mix will be difficult to attain and will require trans-national flows of RES, not only intra-EU but also from third countries. The Directive verifies that Member States only support locally produced RES, and states that one of the goals of the Directive itself lies in the facilitation of cross-border RES support without necessarily affecting national support systems. In order to do so, it introduces cooperation mechanisms among Member States allowing them, first, to agree on the level of support granted by a Member State to the RES coming from another Member State; second, it also allows them to agree on how to share these RES for the purpose of achieving the own Directive's stated objectives.

The flexibility measures contemplated by the Directive include statistical transfers, joint projects and, also, joint support mechanisms. Statistical transfers refer to the exchange of green certificates: for instance, the green certificates generated by solar energy in Southern Europe (if they exceed the respective national objectives) can be accounted for the objectives of a Northern EU Member State. This can be done, or not, within a joint project (say a jointly owned solar farm) and can benefit, or not, from a commonly agreed joint support mechanism.

For the RES generated, green electricity (the electricity that is green certified) imported from third countries, the conditions are not so flexible. First, they do not allow statistical transfers between an EU Member State and a third country. Only physical electricity transfers can be accounted for Member States' RES contribution targets. To ensure additionality⁵, only green electricity from installations or newly added generation capacities in existing plants starting operations after the entry into force of the Directive can be considered in the fulfilment

⁵ Additionality, like in the Clean Development Mechanism, is introduced to foster the deployment of new generation capacities, instead of profiting from already existing plants.

of RES national objectives. Member States can implement joint projects with third countries, including in its national objectives the green electricity imported from the third country and consumed in the EU. In the absence of existing (but projected) operative interconnections, the Member State can include in its national objectives the green electricity that have been agreed to that end with the third country until the needed infrastructures are in place⁶.

Given that the Directive does not affect national support systems, there is no obstacle to implement joint support systems for these joint projects with third countries. The only limitation, which also applies to intra-EU projects, is that in order to be computed in the national objectives, the imported green electricity cannot benefit from support schemes in the third country, with the significant exception of investment support for the construction of installations. To be fair, even if statistical transfers with third countries are excluded by the Directive, *de facto* it offers the opportunity to such countries of including statistical transfers by joining the Energy Community Treaty. As the Directive clearly states, the contracting parties of the Energy Community Treaty can benefit from the same flexibility measures than EU Member States, if it was so decided (Escribano, 2010). This is an open possibility for Morocco to enter the club of statistical transfers, widening the opportunities to RES deployment in the country.

In sum, the new Directive contemplates favourable conditions for the implementation of joint projects between Member States and third countries, and allows for the introduction of joint support systems commonly agreed with a third country. For instance, a Member State can extend its support system, say a Feed-in Tariff system like the ones existing in Germany or Spain, to green electricity coming from a third country. Given that a Feed-in Tariff system is linked to production costs, it will allow the differentiation in the bonus granted to national and third country green electricity, with North African countries receiving a smaller support given their lower generation costs for solar (and in some cases wind) energy.

The Mediterranean Solar Plan and energy development

Directive 2009/28 provides the framework for the integration of RES in the Euro-mediterranean region and the functioning of the MSP. However, the MSP should also reach the

⁶ The interconnection should have been started before 2017 and not entering into operation before 2021 or after 2022.

UfM's objectives inherited from the Barcelona Process of achieving a shared space of peace and prosperity, reassessed by the recent Joint Communication from the Commission and the High Representative, "Un partenariat pour la démocratie et une prospérité partagée avec le sud de la Méditerranée" (March 8, COM (2011) 200 final). This Joint communication includes the deployment of RES as a channel for euro-mediterranean cooperation.

While the MSP has generated a lot of academic and technical literature, little research has been conducted on the human development impact of such a strategy. While the two former sections were aimed at presenting the institutional framework of the MSP, the present one intends to present the impact on energy development and energy poverty of the initiative. In this regard, the MSP should be conceived as a driver for economic development for MPCs in at least the following five key aspects:

- To provide part of the energy required by MPCs' economic growth
- To contribute to the supply of the modern energy services required by economic development
- Contributing to eradicate energy poverty
- To use solar and wind energy resources to generate new economic activities, new jobs and new incomes
- To provide technical cooperation, training and technology transfers in order for MPCs to be able to reap the benefits of RES deployment

All these elements together constitute a consistent cooperation program for sustainable Euro-mediterranean energy development. Energy development consists in increasing the provision and use of energy services, and is a key driver of economic development (Toman and Jemelkova, 2003). Energy development determines the manner in which energy is generated and used, and has a direct impact on the three dimensions of sustainable development: social, economic and environmental (Johansson and Goldemberg, 2002). Sustainable energy development should combine the energy needs of economic growth and human development with the environmental standards of sustainable development. Ideally, such a sustainable energy development should be cooperative, in the sense of involving governments, companies and civil societies (Cutler, 2007).

To date, all the studies on the MSP have adopted a technical-economic approach. There are no comprehensive studies on the eventual socio-economic impact of the MSP under different scenarios regarding economic growth, human development, sustainable development, fight against energy poverty or employment generation. But it is important to highlight that a comprehensive programme that considers all of these elements will constitute the first occasion in which energy is conceived as an instrument of economic development in the Mediterranean. The remaining of this chapter is devoted to develop the conceptual linkages between all these elements.

To provide part of the energy required by MPCs' economic growth

The economic literature highlights the importance of energy in economic growth. Empirical evidence shows that there is a significant and positive relationship between increasing energy use and GDP growth. This relationship draws a pattern similar to that of a Kuznets curve: energy use increases fast together with GDP until a peak is reached since which changes in economic structures and the adoption of new technologies make energy use to decline while GDP is still growing (Hannesson, 2009).

However, even if energy intensity tend to fall in the agricultural and industrial sectors when a given development threshold is reached, total energy intensity decreases only gradually due to the expansion of residential use and, especially, transport requirements (Medlock y Soligo, 2001). Other authors point out that, in per capita terms, energy demand for transport increases with income, while residential energy demand tend to fall and energy demand from industry follow the already mentioned inverted U-shape (Judson *et al.*, 1999).

On the opposite direction of causality, there is also empirical evidence that energy use have a positive impact on GDP growth by fostering labour and capital productivity (Schurr, 1984; Rosenberg, 1983; Jorgensson, 1984). The productivity of non-energy production factors increases (1) with changes towards a less energy intensive pattern of production, (2) the improvement in energy conversion efficiency, and (3) the use of more flexible, modern forms of energy, such as electricity and liquid fuels. A relevant conclusion is that productivity does not come out only from technological progress, but also from technical efficiency (Murillo Zamorano, 2005).

There is then a bi-directional relationship between economic growth and energy use. On one side, economic growth implies an increase of energy demand that is distributed unevenly depending upon the level of income. In middle-income countries like most MPCs, and in the absence of energy efficiency improvements, energy intensity is expected to continue to grow fast in the transport sector, and in a more moderate manner in the residential and industrial sectors. On the other hand, energy development is a key driver for these countries' economic growth through the increase of total factor productivity. In middle-income countries, the impact on productivity can be channelled through different mechanisms, like economies of scale in the provision of energy for the industrial sector, the bigger capacity to make an efficient use of the capital stock and to profit from technological progress, smaller transport and transmission costs, and better market access (Toman and Jemelkova, 2003).

The MSP can contribute to provide part of the energy requirements of economic growth with new RES facilities and energy efficiency programs. Today, RES generate only about 1 GW in MPCs. Even if most of MPCs' energy needs would have to be satisfied with conventional energy sources, RES can make a significant contribution. The MSP aims to built 20 GW in 2020 in MPCs, which is an important share of the 106 additional GW that OME (2008) estimations point would be needed by that year in the region. For some countries, like Morocco, such a contribution could be even more important given that it would relax the burden on its economic growth that represent energy imports.

However, for RES to contribute to long term economic growth beyond 2020, RES deployment should be scalable and be able to generate increasing energy supplies within MPCs. Besides that, a significant share of the energy use that requires the economic modernization of MPCs will be provided by conventional fuels, especially in the transport sector. Both elements need a global strategy for the promotion of RES and energy efficiency measures. This requires that the price of conventional energies reflects its costs and energy consumption subsidies to be rationalised. These subsidies represent a significant part of MPCs' budgets and have reached 6-8% of the Moroccan budget in past years.

To contribute to the supply of the modern energy services required by economic development

One of the key linkages in the development-energy relationship consists on the quality improvement in energy services that push productivity beyond its own physical availability (Schurr, 1984). The transition towards electricity is one of the main elements of energy modernization, because it has specific advantages, like a higher economic efficiency (but not thermo-dynamic), timely availability, lifting restrictions for industrial localisation, its accessibility for households and SMEs, or industrial development (Rosenberg, 1998). Electricity also produces synergies with other important sectors acting as modernizers, like electronics, telecommunications or information technologies.

But energy development, including transition to electricity, also has more profound and direct effects on human development. There is a strong correlation between energy consumption and human development. Empirical evidence shows that the impact of higher levels of energy consumption on human development is especially significant in low human development countries, moderate in middle human development countries, and non-existent in high human development countries (Martínez and Ebenhack, 2008). Energy development is also related to higher productivity in educational investments and human capital formation, especially in rural areas. Lighting allows more hours of study in better conditions, as well as the reallocation of time devoted to tasks such as searching for traditional biomass, then fostering human capital increases, mainly for women and children.

Additionally, MPCs have important transport, telecommunications, touristic and energy infrastructure programmes that imply both an intensive use of energy and an increase in future energy consumption. These infrastructure programmes constitute key elements for the modernization of MPCs' economies and should be preserved. However, introducing energy efficiency considerations in its design or the development of an efficient public transport system could reduce its undesirable impacts regarding energy consumption. In some MPCs, as is the case with Morocco, the development of some industrial branches (automotive, construction materials) considered as priorities would also have a similar effect in increasing energy consumption.

Other modernization drivers are those related with public services and the energy demand they generate. Health services, social housing, public transport, water sanitation and desalination are all of them basic services that require substantial amounts of energy. Regarding residential energy use, the spreading of new, more modern patterns of energy consumption goes

together with social modernization. The spreading of electrical home appliances , entertainment, cell phones or the Internet expand citizens' opportunities and contribute to improve their quality of life.

Concerning RES, the adoption of deployment strategies by MPCs governments is the most immediate contribution of energy development to sustainability (Midilli *et al.*, 2006). In the long run, RES deployment allows the increase of human development without harming sustainability (Dias *et al.*, 2006). Some RES, like photovoltaic, have a decentralised nature and are fitted to individual consumption in distant and scarcely populated rural areas, for both residential and SMEs electricity use. However, RES need to be complemented by conventional energies for both the transport and residential sectors. Photovoltaic electricity for lighting and small appliances, individual wind generators (mainly for irrigation) and thermal heaters coexist with traditional biomass and fuels for heating, cooking and transport.

In most MPCs electrification rates and accessibility to modern fuels are, in general, quite high by developing countries' standards, with the only exception of rural electrification in countries such as Morocco, in spite of the great efforts and successes of the Moroccan rural electrification programmes. However, the quality of energy services is not always optimal: blackouts and changes in tension are common, especially in peak periods, which in many MPCs are concentrated in the sunset, when electricity is demanded for lighting.

This characteristic of MPCs, directly related to its development levels, limits the possibilities of solar energy (at least for technologies that do not allow for storage). The deployment of new RES capacities and its combination, together with the improvement of electricity grids and its management can make a significant contribution to the quality of electricity services, thereby fostering socio-economic modernization and human development.

Contributing to eradicate energy poverty

Energy poverty is closely linked to low levels of human development. This is why the fight against energy poverty is one of the main strategic challenges for the current century

(Birol, 2007). Notwithstanding that most MPCs show moderate levels of energy poverty, there are still some sectors of society, especially in distant and scarcely populated rural areas, as well as in some peri-urban areas, that have no access to the energy services required to satisfy its basic needs. In peri-urban areas, energy poverty is mitigated by illegal hooking to the grid, but this creates other kind of problems like safety concerns, grid management and costs recovery. To a great extent, the latter are related to fast urbanization processes, which imply an increase of energy demand, and Morocco makes no exception.

Generally speaking, the absence of a well-targeted subsidies system translates into difficulties for the poorest segments of society to have access to modern energies. The clearer example is gasoline subsidies, which benefit car owners, but electricity subsidization is also prevalent in the region. In order to avoid the rationalization of subsidies getting worse energy poverty figures, the targeting of subsidies to vulnerable groups should be tackled as a priority. In general, the main element of the decentralization that implies RES deployment is to ensure that technologies are fitted to local resources *and* needs.

The need to eradicate poverty in most MPCs, including Morocco, concentrates mainly in rural areas. For sure there are other aspects of energy poverty, like lack of grid access in peri-urban areas and the tensions it introduces over future electricity demand. But energy poverty in Morocco is essentially a rural phenomenon, and it is closely associated with fundamental aspects of rural poverty. Energy subsistence activities reduce basic education and economic opportunities (Barnes and Floor, 1997).

In Moroccan rural areas, the fight against energy poverty is also a key element of sustainable development. Energy poverty in Morocco is closely associated with deforestation, because several rural households (usually poorest ones) are still using traditional biomass (wood) for cooking and heating. Traditional biomass represents in Morocco around one fourth of commercial energy use, while deforestation is the main environmental problem the country faces. In this regard, the Moroccan government has implemented a successful strategy of rural electrification with the support of international cooperation programs, which according to the *Office National de l'Electricité* (ONE) have extended rural electrification rates from 18% in 1995 to 90% in 2008.

However, this does not mean that energy poverty has disappeared in every domain. Biomass collection is still requiring a lot of time to women and children from some rural areas, inhibiting more productive activities like education and alternative paid occupations. Biomass consumption is also associated with severe health problems, like the ones derived from accidents, smoke-related or sight illnesses. Lack of access to electricity also makes it difficult to keep fresh aliments and some medicines refrigerated. Other dimensions of empowerment of the poor are also involved in the lack of access to electricity, like access to audiovisual information and entertainment (that in most cases for the poorest are limited to television and radio), or communications (cell phones). From a more general perspective, traditional biomass' excessive use and old and not well maintained appliances mean that energy conversion efficiency is generally low.

As has already been mentioned, photo-voltaic technology has played an important role in extending electrification in Morocco. However, if the MSP is to be conceived as a sustainable development programme, it cannot avoid fighting against energy poverty. In fact, several photo-voltaic facilities have been financed by cooperation programs, and recent thermo-solar projects in the country have received the financing and support of international financial institutions. In several cases, individual photo-voltaic panels have been bought and installed privately, and the technology is well known in the country. This technological familiarity could offer the opportunity to the MSP to spread and increase photo-voltaic use.

In any case, photo-voltaic technology would not suffice to cover all the needs, at least not in an efficient manner. Energy efficiency measures like introducing modern stoves, kitchens and refrigerators with liquid fuels can complement the electricity provided by decentralised photo-voltaic systems. Regarding rural areas, especially more remote ones, it is worthy to insist on the fact that access to transport is also key in certain aspects of human development, like access to education, health services or markets. This leads to other measures related to efficient and affordable public transport systems.

Using solar and wind energy resources to generate new economic activities, jobs and income

For MPCs with especially good geo-climatic conditions and geographically close to the EU like Morocco, the MSP could be an opportunity to develop new economic activities consistent with their natural comparative advantages. In addition to hosting RES facilities, Morocco can gradually participate in some industrial phases in the production of different technologies, as well as in the construction and the maintenance of installations. In fact, Morocco includes RES among the strategic sectors it intends to develop in the long run.

Significant investment opportunities have been identified in the RES, energy efficiency and modern energy services sectors (Abdelkrim y Henry, 2009). A strategic approach would consist in the promotion of clusters devoted to RES, energy efficiency and other energy services, trying to foster the creation of energy services companies, on which the country already has experiences like the *Maisons Energies*. These clusters would have to integrate public and private investments, both foreign and local, together with training and R&D institutions.

One of the elements within the MSP that has proved to be more controversial is the possibility of exporting so-called green electricity to the EU. This option is consistent with economic theory, insofar it implies to export electricity generated at a lower cost for the same technology than in EU-located facilities. This would help to relax the external restriction to growth and contribute to improve fragile macroeconomic external balances. Unlike hydrocarbons, that generate extraordinary rents, RES are usually regulated according to generation costs. Then, they do not generate the rents that induce perverse effects like Dutch Disease or Resource Curse related impacts.

Concerning security of supply, from the EU perspective the nature of RES makes them more prone to inter-dependency: electricity, whether green or black, is difficult to store and to re-direct⁷, then hampering cartelization or other political uses of energy common in the fossil

⁷ There are however marginal and limited ways to do it, like pumping in barrages or using it for desalination purposes.

fuel markets. From the Moroccan perspective, interdependency means that security of demand should be ensured by clear contracting figures.

The impact of RES deployment on employment may also be significant provided that the appropriate measures to both maximize employment creation and absorption capacities are implemented. According to FEMISE (2007), MPCs should create until 2020 up to 60 million jobs to absorb new entrants in the labour market. From this perspective, the European experience shows that RES create net employment, but also that the magnitude of the impact is unevenly distributed depending upon the activities on which the country is able to participate. Most of the new employments are created in the phases of investment and engineering, involving the industrial phase of production technologies and the building up of the facilities. By contrast, maintenance operations present relatively low employment intensity (EmployRES, 2009, p. 129).

According to the European thermo-solar association estimations (ESTELA, 2009), the deployment of 20 GW of Concentrated Solar Power (CSP) would have the following impact on employment: some 235.000 employments/year would be created, 80.000 in the industrial phase (half of it in the EU and the other half in MPCs), 120.000 in the construction of the facilities, and some 35.000 in operation and maintenance. These are big numbers that project a significant contribution to employment creation in MPCs, but they have to be contrasted in detail and put in perspective.

In any case, as happens with the emergency of RES clusters or the development of export markets for green electricity, the employment impact is influenced by some institutional bottlenecks that could lead to less favourable scenarios. As is the case with economic growth or green electricity exports, there are not rigorous estimations on the impact of RES deployment on MPCs' employment creation. No collection of plausible scenarios and related policy measures evaluation is available today to help policy-makers. This study tries to contribute to the discussion by offering an estimation exercise for Morocco. But, as it will be seen, the upgrading of absorption capacities is probably one of the main issues to be confronted by MPCs if they want to maximize the overall economic impact of RES deployment.

Training and technology transfer are pre-requisites for MPCs like Morocco to reap the benefits of RES deployment. RES technologies are not only capital intensive, but also have a relatively high technological content. While some activities like maintenance may be easily absorbed, others like operational and some industrial (assembly) activities need higher levels of training; participation of MPCs in the most technologically intensive processes, like production and R&D would require significant technological cooperation programmes and technology transfers.

Scalable RES deployment requires a trained labour force if local workers are to significantly contribute to every phase of the value chain, and not only in the less value added and job creation activities, that in addition do not have the same kind of positive externalities for the whole economy. Technical cooperation is another aspect usually highlighted by most studies, mainly in two domains: the use and development of those technologies associated with RES, the management of electricity grids, and the regulation of the energy sector, in particular electricity. MPCs, including Morocco, have showed increasing interest in benefiting from training and technical cooperation programmes, and these preferences should be considered by the MSP.

Morocco has already benefited from these training and technical cooperation programmes in the electricity sector. For instance, initiatives like the Euromediterranean Electricity Ring, which. But much is still to be done for the MPCs to be able to absorb a scaled up strategy for the deployment of RES. While being perhaps among the most advanced countries in the region in his cooperation in the electricity sector with EU companies, Morocco also needs such kind of programmes. To date, a good relationship has been built between regulators, grid operators and utilities across the Mediterranean. But training and technical cooperation, as well as technology transfers, involves several actors beyond governmental agencies. New actors like educational institutions (universities but also vocational training institutions), research centres, private companies, and civil society actors concerned with sustainable development.

The EU has a good set of assets in the institutional, businesses, associations, research and educational domains related with RES. The demand for training and technical cooperation

is rapidly increasing, and the European institutions devoted to it are frequently unable to match the number of initiatives demanded. Moreover, there is a general claim that these programmes are often fragmented and lack a more long term an integrated strategy.

Bibliography

Abdelkrim, S. y P. Henry (2009): *Investissement direct étranger vers les pays Med en 2008. Face à la crise*. Étude ANIMA n° 3, marzo. ANIMA Investment Network.

Barnes, D. and W. Floor (1996): "Rural Energy in Developing Countries: A Challenge for Economic Development," *Annual Review Energy Environment* 21, pp. 497-530

Birol, F. (2007): "Energy Economics: A Place for Energy Poverty in the Agenda?", *The Energy Journal*, Vol. 28, No. 3, pp. 1-6.

Carafa, L. (2010), 'How far does the European Union influence energy sector reform in Southern and Eastern Mediterranean Countries?: Insights from the case of energy sustainability', Paper presented at the Second Euro-Mediterranean University ReSouk conference, Barcelona, 14 June 2010.

Cutler, R. M. (2007), "Recent Developments in Cooperative Energy Security", *Oil, Gas & Energy Law Intelligence*, Vol. 5, No 4, pp. 1-19.

Dias, R. A., C. R. Mattos y J. A. Balestieri (2006): "The limits of human development and the use of energy and natural resources", *Energy Policy*, Vol. 34, No. 9, pp. 1026-1031.

Desertec Foundation (2008): *White Book – Clean Power from Deserts: The Desertec Concept for Energy, Water and Climate Security*, available http://www.desertec.org/fileadmin/downloads/DESERTEC-WhiteBook_en_small.pdf (accessed 12 May 2011).

DLR-German Aerospace Center (2005): *MED-CSP. Concentrating Solar Power for the Mediterranean Region. Final Report*. DLR Institute of Technical Thermodynamics, Stuttgart, april.

DLR (2006): *TRANS-CSP. Trans-Mediterranean Interconnection for Concentrating Solar Power*. DLR Institute of Technical Thermodynamics, Stuttgart, april.

EmployRES (2009): "The impact of renewable energy policy on economic growth and employment in the European Union", Final Report, abril.

Escribano, G. (2010): "Convergence towards Differentiation: The Case of Mediterranean Energy Corridors", *Mediterranean Politics*, 15 (2). Forthcoming.

ESTELA (2009): "Solar Power from Europe's Sun Belt", Bruselas, junio.

FEMISE (2007): “Le défi de l’emploi dans les pays méditerranéens”, estudio FEMISE: FEM3d-02, www.femise.org.

Hammons, T. J. (2007), “Transmission System Developments in Europe: Sustainable Electrical Energy Supply, Resynchronization of the two UCTE Synchronous Zones, Progress of the Mediterranean Ring and Interconnecting the Largest European Power Systems”, *International Journal of Power and Energy Systems*, Vol. 27, No. 4, pp. 379-392.

Hannesson, R. (2009): “Energy and GDP growth”, *International Journal of Energy Sector Management*, Vol. 3, No 2, pp. 157-170.

Johansson, T. B. y J. Goldemberg (2002): “The Role of Energy in Sustainable Development”, en Johansson y Goldemberg, eds., *Energy for Sustainable Development. A Policy Agenda.*, UNDP, New York, pp. 25-40.

Jorgensson, D. W. (1984): “The Role of Energy in Productivity Growth”, *The Energy Journal*, Vol. 5, No. 1, pp. 11-26.

Judson, R. A., R. Schmalensee y T. M. Stoker (1999): “Economic Development and the Structure of the Demand for Commercial Energy”, *The Energy Journal*, Vol. 20, No. 2, pp. 29-57.

Marín , J. M. and G. Escibano (2010): “El Plan Solar Mediterráneo y la integración energética Euro-mediterránea”, *Revista de Economía Industrial*, nº 377.

Martínez, D. M. y B. W. Ebenhack (2008): “Understanding the role of energy consumption in human development through the use of saturation phenomena”, *Energy Policy*, Vol. 36, pp. 1430-1435.

Medlock, K. B. y R. Soligo (2001): “Economic Development and End-Use energy Demand”, *The Energy Journal*, Vol. 22, No. 2, pp. 77-105.

Midilli, A., I. Dincer y M. Ay (2006): “Green energy strategies for sustainable development”, *Energy Policy*, Vol. 34, pp. 3623-3633.

Murillo Zamorano, L. R. (2005): “The Role of Energy in Productivity Growth: A Controversial Issue?”, *The Energy Journal*, Vol. 26, No. 2, pp. 69-88.

OME – Observatoire Méditerranéen de l’Energie (2008): *Mediterranean Energy Perspectives 2008*. OME.

Rosenberg, N. (1983): “The effects of energy supply characteristics on technology and economic growth”, en S. Schurr, S. Sonenblum y D. O. Woods, eds., *Energy, Productivity, and Economic Growth*, Cambridge Univ. Press, MA.

Rosenberg, N. (1998): “The role of electricity in industrial development”, *The Energy Journal*, Vol. 19, No. 2.

Schurr, S. H. (1984): “Energy Use, Technological Change, and Productive Efficiency: An Economic-Historical Approach”, *Annual Review of Energy*, Vol. 9, pp. 409-425.

Schurr, S., S. Sonenblum y D. O. Woods, eds. (1983): *Energy, Productivity, and Economic Growth*, Cambridge Univ. Press, MA.

Toman y Jemelkova (2003): “Energy and economic development: An assessment of the state of knowledge”, *The Energy Journal*, Vol. 24, No. 4, pp. 93-112.

TREC – Trans-Mediterranean Renewable Energy Cooperation (2007a): *Clean Power from Deserts. White Book*. TREC/Club of Rome, Hamburgo.

TREC (2007b): *AQUA-CSP Concentrating Solar Power for Seawater Desalination*. TREC, Hamburgo.

United Nations Environment Programme (2010), *Global trends in sustainable energy investment 2010: Analysis of the trends and issues in the financing of renewable energy and Energy efficiency*. UNEP-Division of Technology, Industry and Economics, Paris.

ENERGY IN MOROCCO: THE SPECIAL ROLE OF SOLAR DEVELOPMENTS

Abdelamid El Bouhadi, Lahcen Ouhlaj, Idriss El Abbassi, Said Tounsi et Ayache Khellaf

Université Mohamed V, FSJES, Rabat-Agdal

Introduction

Le Maroc est un pays qui consomme 15 millions de TEP (tonnes équivalents pétrole) dont 60 % en pétrole. Il en importe 95 %. Sa facture énergétique pèse lourdement sur ses équilibres économiques et financiers. Ses achats de pétrole représentent 20 % des importations globales et constituent près de 50 % du déficit commercial. Les subventions accordées pour le soutien des prix intérieurs des produits pétroliers avoisinent l'équivalent de 25 % des dépenses d'investissement du budget général de l'Etat. Les subventions du gaz, qui en représentent le tiers environ, profitent largement aux couches sociales les plus pauvres et précisément dans le monde rural. Elles sont la rançon de la lutte contre l'usage abusif du charbon de bois qui assure 20 % de la consommation énergétique nationale au prix d'une dégradation du patrimoine forestier de l'ordre de 5 000 hectares par an.

Ces contraintes pèsent sur les chances actuelles du développement durable du pays, alors que la consommation énergétique nationale – de 0,4 TEP par habitant – est encore bien limitée puisque inférieure aux besoins potentiels de croissance économique et du niveau du bien-être social et de développement humain ambitionné par la communauté nationale. La généralisation de l'électrification rurale et la satisfaction des besoins croissants de consommation urbaine qui constituent une composante fondamentale de cette ambition impliquent une offre sans commune mesure avec l'offre actuelle. Les projections des besoins énergétiques pour les années 2020, quant à elles, tablent sur une croissance de plus de 4 % et de 5 à 6 % pour la consommation électrique, qui devrait avoisiner les 1 000 kWh par habitant annuellement, soit presque le double du niveau de consommation actuel. D'une façon générale, on estime que si le Maroc devait, en 2030, atteindre un niveau de consommation énergétique équivalent à la moyenne internationale actuelle, il devrait disposer de 60 millions TEP, soit quatre fois le niveau de consommation actuel.

Le Maroc connaîtrait dans les années à venir un véritable bond en avant dans son développement économique et social avec la réalisation de grands chantiers déjà lancés ou programmés dans l'agriculture, l'industrie, les infrastructures, le tourisme et l'habitat. Cet essor va surement entraîner la croissance des besoins en diverses formes d'énergie estimée à un rythme de 5% en moyenne annuelle. C'est ainsi que la puissance électrique installée va tripler à l'horizon 2020 et les énergies renouvelables y représenteront 42% au lieu de 26% en 2008.

La nouvelle stratégie énergétique, qui s'inscrit dans la vision globale du gouvernement marocain, prévoit de construire un bouquet énergétique diversifié où les énergies renouvelables occupent une place de choix pour à la fois satisfaire cette demande croissante, préserver l'environnement et réduire la dépendance énergétique vis-à-vis de l'extérieur.

Le Maroc dispose, pour l'avenir, d'un potentiel de production non négligeable constitué, notamment, par un gisement important en énergies renouvelables évalué à 6 000 MW d'origine éolienne, 5 kWh/m²/j d'origine solaire et à 200 sites pour l'exploitation de systèmes mini-hydrauliques. Il dispose, en plus, de 93 milliards de tonnes de schistes bitumineux, d'un potentiel en économie d'énergie et d'un potentiel d'hydrocarbures que laissent espérer les structures géologiques de son sous-sol.

Par ailleurs, la stratégie énergétique du Maroc a été poursuivie en adoptant plusieurs projets de lois et en créant un certain nombre d'agences, en particulier dans le domaine des énergies renouvelables. Ce faisant, le Maroc a bel et bien renforcé ses capacités d'étude et d'analyse prospective du secteur de l'énergie dans presque tous les domaines : le pétrole, le gaz, les schistes bitumineux, le nucléaire et surtout le renouvelable.

Dans le même ordre d'idées, en janvier 2010 le Maroc a adopté la loi relative aux énergies renouvelables et à la transformation du Centre de développement des énergies renouvelables en Agence pour le développement des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique, ainsi que la loi portant création de l'Agence marocaine pour l'énergie solaire (MASEN⁸). En mars 2010, le Maroc a lancé, dans le cadre de son plan d'énergie solaire, un projet visant à construire une centrale électrique solaire à Ouarzazate. En juin 2010, il a lancé un programme d'énergie éolienne, l'objectif étant d'atteindre 2000 MW de capacité éolienne d'ici 2020. Plusieurs projets de construction de parcs éoliens ont été mis en service ou lancés.

⁸ The Moroccan Agency for Solar Energy.

Des projets d'efficacité énergétique dans les secteurs du bâtiment, de la santé, des écoles et du tourisme ont également été lancés.

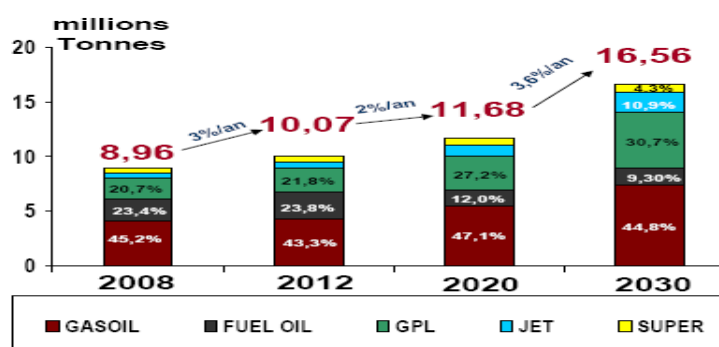
Le contexte actuel des énergies fossiles au Maroc

La consommation énergétique marocaine augmentera à un rythme important, en raison de Plan Vert, du Plan Emergence, du hub mondial de phosphate, etc. « *La demande énergétique primaire se multiplierait par trois en passant de 15 millions TEP (Tonne équivalent de pétrole) en 2008 à 43 millions de TEP en 2030* ».

Une demande énergétique dépendante du pétrole

La dépendance énergétique est quasi-totale vis-à-vis du pétrole et du charbon qui interviennent à près de 87% dans la consommation d'énergie au Maroc en 2008 (61% pour le pétrole et 26% pour le charbon).

Figure n°1 : Projection de la demande en produits pétroliers



Ministère de l'Énergie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement

De même, la consommation énergétique par habitant évoluera de 0,46 en 2008 à 0,67 en 2020 puis à 0,91 en 2030, la part du pétrole passerait de 61% en 2008 à 44% en 2020 et à 38% en 2030. Celle du charbon passerait de 26% en 2008 à 42% en 2020 et à 39% en 2030.

Fig. n°2 : Projection de la demande en Energie Primaire : Scénario Sans développement du Gaz Naturel.

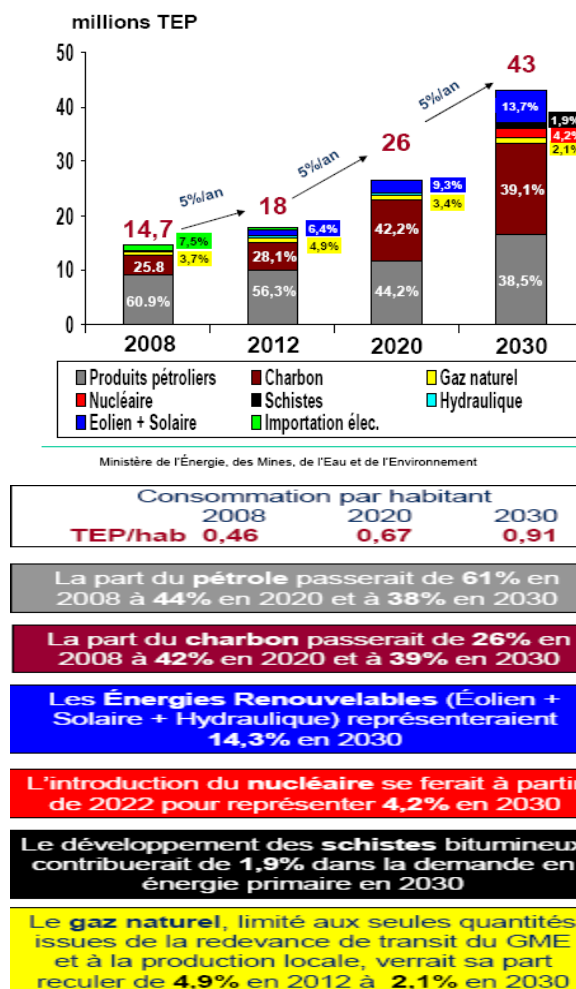


Figure n°3

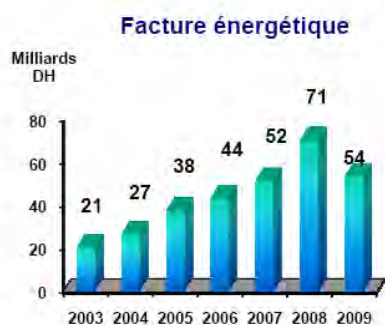
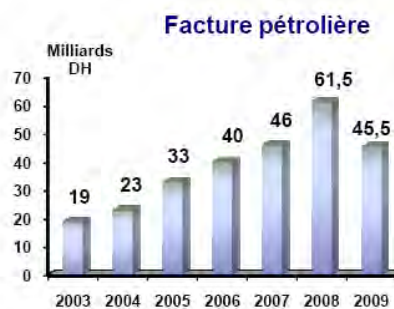


Figure n°4



Source : Ministère de l'énergie, des mines, de l'eau et de l'environnement « La nouvelle stratégie énergétique nationale » (Mise à jour septembre 2010).

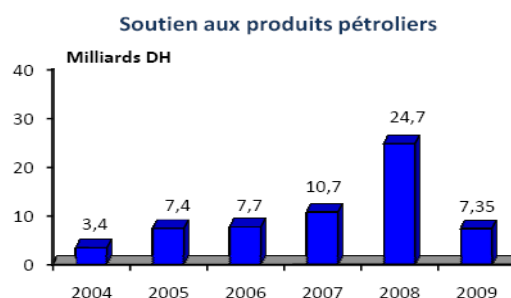
Le renchérissement du prix du pétrole impacte lourdement le budget notamment les dépenses de la compensation⁹. Ces dépenses, très sensibles aux chocs exogènes, se sont progressivement alourdies¹⁰ pour représenter en 2008 31,5 milliards DH contre seulement 4,2 milliards de dirhams en 1998¹¹.

Figure n°5

⁹ MEF (DEPF 2010), « Tableau de bord des finances publiques ».

¹⁰ En raison des augmentations successives des prix des hydrocarbures sur le marché mondial.

¹¹ Soit près de 87% du budget alloué à l'investissement.



Source : Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement.

Le charbon occupe une place de plus en plus importante dans la production de l'énergie au Maroc

Le charbon représente 29 % des besoins en énergie primaire. Les quantités consommées se situent à plus de 5,3 millions de tonnes dont plus de 81 % sont employées par les centrales électriques. Le reste, soit plus de 16 %, est consommé principalement par les cimenteries. Le charbon constitue 10 % de la facture énergétique du pays.

Tableau n° 1 : La production de l'électricité dont la source est le charbon (en pourcentage).

<i>Années</i>	<i>Part en %</i>	<i>Années</i>	<i>Part en %</i>
1971	13,41	1991	19,73
1972	25,48	1992	17,16
1973	27,51	1993	25,58
1974	28,78	1994	25,38
1975	34,11	1995	48,5
1976	31,99	1996	46,58
1977	29,01	1997	47,18
1978	27,73	1998	54,25
1979	18,8	1999	51,27
1980	19,48	2000	64,04
1981	20,88	2001	74,54

1982	18,23	2002	72,18
1983	20,4	2003	67,64
1984	18,19	2004	67,24
1985	15,58	2005	58,61
1986	27,07	2006	58,11
1987	34,35	2007*	52,19
1988	29,19	2008*	47,625
1989	21,92	2009*	43,06
1990	22,97		

Source : La Banque Mondiale

A partir des années 90 et jusqu'en 2000, le Maroc importait la quasi-totalité de sa consommation. L'année 2001 marque l'arrêt de l'exploitation du gisement de Jerrada. L'année 2003 marque un tournant en ce qui concerne les importations de cette matière puisque le pays devenait exclusivement dépendant et importait la totalité de sa consommation.

Tableau 2 : Évolution de la production et de la consommation du charbon

	Charbon local	Consommation de charbon	P/C en %
1955	467 000	500 000	93
1965	636 000	546 400	116
1970	657 000	537 000	122
1980	628 600	662 500	95
1990	518 000	1 987 500	26
2000	28 570	4 584 000	0.6
2003	0	6 141 000	0.0

Source : Debbarh, A. M., « L'énergie : développement énergétique au Maroc depuis 1955, perspectives 2025 ».

Le projet nucléaire marocain

Le positionnement sur le créneau nucléaire s'est amorcé avec la mise en place du Centre National des Etudes, des Sciences et des Techniques Nucléaires (CNESTEN) et le démarrage du Centre Nucléaire de la Maâmora. Un texte sur la gestion des déchets radioactifs

a été approuvé dans le cadre de la Commission réglementation nucléaire, instituée auprès du Conseil National de l'Energie Nucléaire (CNEN).

Le Maroc a signé la convention de Vienne relative à la responsabilité civile en matière de dommages nucléaires en 1984 et le Protocole additionnel à l'Accord avec l'AIEA en 2004, en vertu du traité sur la non-prolifération nucléaire.

La mise en place d'une première centrale nucléaire d'une capacité de 900 MW est envisagée par l'ONE à l'horizon 2017.

Le contexte général des énergies renouvelables au Maroc et dans le bassin méditerranéen

En mettant l'accent sur la situation énergétique générale des pays du bassin méditerranéen, nous constatons une certaine interdépendance en matière de production, d'approvisionnements, de distribution et de commercialisation. En effet, comme l'a bien noté Keramane, A. (2010)¹², « *l'Union européenne dépend des pays producteurs du Sud méditerranéen pour 36% de ses importations en gaz naturel et pour 20% de ses importations en pétrole. De l'autre côté, les exportations des producteurs du Sud de la Méditerranée sont dirigées vers l'Europe à 86% pour le gaz naturel et à 49% pour le pétrole* ».

Par ailleurs, il faut noter que cette interdépendance est marquée stratégiquement par une forte liaison infrastructurelle qui sera amené à s'intensifier dans les années avenir. « *Les infrastructures pétrolières, gazières et électriques reliant les deux rives se multiplient et se renforcent. En outre, il existe de nombreuses structures, institutions et associations de coordination et de réflexion entre les compagnies énergétiques(1), entre les réseaux électriques (Medelec), entre les agences nationales de maîtrise d'énergie et d'énergies renouvelables (Medener). Pourtant, cette coopération énergétique, basée sur les importations ou exportations pétrolières et gazières, ainsi que sur la construction des installations industrielles*

¹² Keramane, A., « L'efficacité énergétique et les énergies renouvelables », *Les Notes IPEMED*, n°8, mars, 2010, p.2.

et infrastructures nécessaires à cette fin, ne porte pas, pour l'instant, un vrai projet de développement durable pour l'ensemble de la région »¹³.

La stratégie basée sur les énergies fossiles n'est pas tenable à terme

La population du bassin méditerranéen est de 426 millions d'habitants en 1999. Elle dépasse aujourd'hui un demi-milliard et devrait atteindre, avec un rythme de progression moyenne de 1,5% annuellement, un peu plus de 600 millions à l'horizon 2030, dont plus de 60% sur la rive sud.

Cette progression démographique plus ou moins soutenue et les progrès scientifiques et technologiques, l'évolution en termes de bien-être et de lutte contre la pauvreté (objectifs OMD des Nations-Unies) qui s'en suivent vont accélérer la demande. Celle-ci aura certainement un impact sur l'environnement.

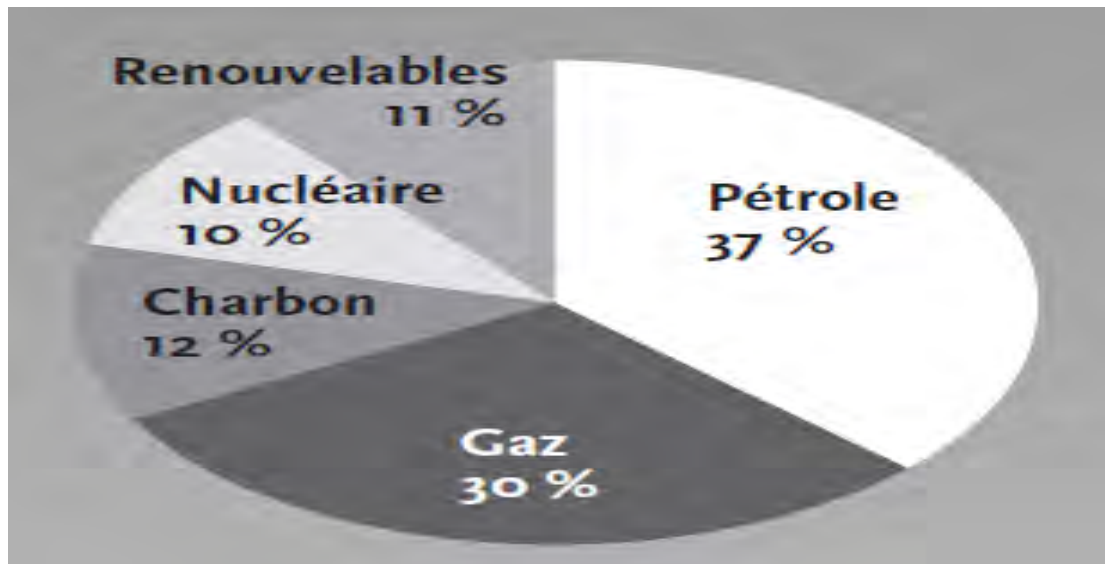
Comme l'a précisé Keramane (2010), « *la consommation énergétique totale de la zone méditerranéenne est d'environ 1000 millions de tonne équivalent charbon (tep) et devrait augmenter à 1400 millions de tep en 2030, ce qui représente les 9% de la demande mondiale en énergie. Celle-ci, dans les pays de la Méditerranée, devrait afficher une hausse de 1,5% par an en moyenne, la plus grande part de l'augmentation provenant des pays de la rive sud, en raison des besoins importants pour leur développement et pour la généralisation de l'accès à l'énergie* »¹⁴.

L'ome indique dans ses prévisions en 2030 que la consommation dans la région méditerranéenne restera dépendante à 80% environ de l'énergie fossile. Le mix énergétique sera composé comme suit :

Demande globale d'énergie en Méditerranée en 2030

¹³ Keramane, A., Ibid, p. 2.

¹⁴ Keramane, A., Ibid, p. 2.



Source : Observatoire Méditerranéen de l'Énergie, cité par Keramane, A., « L'efficacité énergétique et les énergies renouvelables », *Les Notes IPEMED*, n°8, mars, 2010, p. 3.

La limitation des réserves en pétrole et gaz (4,6% des réserves mondiales) en Afrique du Nord induira certainement à LT des goulots d'étranglements. La production de ces deux énergies fossiles restera modeste en comparaison avec l'évolution rapide des besoins en énergie de la région méditerranéenne en 2030.

Comme l'a bien noté Keramane, A., « en 2030, la région méditerranéenne devrait importer plus de 39% de ses besoins en pétrole et 28% de ses besoins en gaz »¹⁵.

En raison des préoccupations environnementaux (en termes des émissions à effet de serre), des engagements internationaux (en matière de développement durable), de l'épuisement probable des réserves, du potentiel considérable en énergie renouvelable, le scénario tendanciel n'est pas soutenable, décrit ci-dessus ne pourra être tenable à terme.

La nécessaire coopération euro-méditerranéenne

La coopération euro-méditerranéenne étroite et responsable semble la clé de voûte permettant le développement des énergies renouvelables dans le futur. Le Plan solaire

¹⁵ Keramane, A., Op. Cit. p. 3.

méditerranéen (psm), lancé en 2008 par l'Union pour la Méditerranée, semble répondre en partie à cet engouement pour une politique énergétique alternative et propre et à visée purement stratégique. Selon les responsables et spécialistes, « *l'objectif du psm est la mise en place d'une capacité globale de 20 gw à l'horizon 2020(1), dont une partie serait destinée à la consommation locale et une partie à l'exportation vers l'Europe, via des câbles sous-marins. Les investissements requis sont estimés entre 38 et 46 milliards d'euros sur la période 2009-2020* »¹⁶.

Le caractère lourd des investissements de base nécessite d'envisager une coordination plus étroite non seulement sur le plan financier mais aussi sur le plan du transfert de technologies.

En adoptant le plan solaire méditerranéen en tant que plate-forme industrielle et technologique, l'écart en termes du niveau de développement entre la rive Nord et la rive Sud de la Méditerranée ne cessera, a fortiori, de diminuer.

La mise en œuvre d'un tel plan entraînera non seulement de la croissance économique dans la région mais permettra d'asseoir une politique de développement durable basé sur la préservation écologique de l'environnement. Comme l'a bien écrit Keramane, cela est « *un programme susceptible de créer une réelle solidarité, voire une intégration entre les pays de la région par une exploitation rationnelle des ressources pour un développement durable de l'ensemble de la zone. Néanmoins, les projets engagés doivent prendre en compte la différence des niveaux de développement des populations des deux rives, même s'il y a eu des progrès dans le Sud* ».

De toute évidence, la ruée vers l'énergie propre ne peut se faire sans coordination et concertation entre les deux rives de la Méditerranée. Elle ne peut se faire sans un réel transfert de technologies en termes de savoir-faire technique, de méthodes, de programmes et d'équipements énergétiques.

L'importance de l'éolien au Maroc

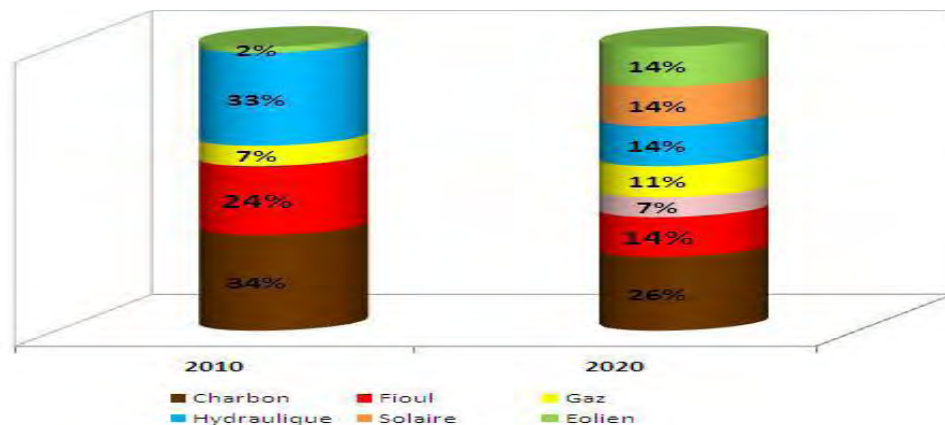
¹⁶ Voir en plus de détails, Keramane, A., Op. Cit. p. 4.

Le Maroc, conscient des enjeux stratégiques de l'énergie, s'est doté d'un plan de développement ambitieux qui fait une place importante aux énergies renouvelables. A l'horizon 2020, la participation au mix électrique des énergies renouvelables devrait être de 42%. Le plan solaire et l'énergie d'origine éolienne devraient produire l'équivalent de 4000 MW. La part de l'éolien devrait passer de 2% à 14% en 2020.

Le Maroc, par sa situation géographique favorable, dispose d'un potentiel éolien important, estimé à environ 6000 MW. Les régions les plus ventées du Maroc se situent à l'extrême Nord du côté du Détroit de Gibraltar dans la région de Tanger-Tétouan, la région d'Essaouira, la zone atlantique Sud de Tarfaya à Lagouira et le couloir de Taza entre les chaînes montagneuses de l'Atlas et du Rif. Les sites identifiés sont :

- Taza 7,97 m/s
- Tarfaya 7,76 m/s
- Laâyoune 10,6 m/s
- Ferdiwa (Tanger) 9,89 m/s
- Tinghir-Dakhla 9,39 m/s
- Sendouk (Tanger) 8,62 m/s
- Had Hrara (Safi) 7,62 m/s
- M. Isat (Tanger) 7,44 m/s
- My Bouzerktoun (Essaouira) 7,03 m/s
- El Fnideq (Tétouan) 6,35 m/s
- Tan Tan 5,86 m/s

Source : ONE.



Source : Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement.

Il faut rajouter à cela, les possibilités inépuisables en termes de l'éolien maritime. Le Maroc possède plus de 3000 km du Littoral. Mais, il faut nuancer ; l'usage du Littoral nécessite des moyens financiers, logistiques et technologiques très importants.

En effet, comme l'a bien précisé JEAN-LOUIS BAL (2010), L'Ademe par exemple a réalisé une estimation prudente de la décroissance du coût de l'éolien maritime sur base des hypothèses suivantes :

- Décroissance du coût d'investissement par kw de 2% par an jusqu'en 2010 à partir de la valeur de référence de 1675 euros par kw en 2002 puis de 1,5% par an de 2011 à 2030. Cette valeur est celle constatée sur la première installation éolienne en mer à grande échelle, le projet danois de Horns Rev de 160 mw, mis en service fin 2002 et situé en mer du Nord dans des eaux de 6 à 14 mètres de profondeur ;

- Cette décroissance, qui se ralentit après 2010, prend en compte le fait que les installations seront progressivement réalisées dans des conditions de plus en plus difficiles : à moins de 10 kilomètres des côtes et à moins de 10 mètres d'eau d'ici à dix ans, puis jusqu'à 30 kilomètres et 30 mètres de profondeur dans les décennies suivantes.

Le plan solaire marocain : le contexte général

Dans le cadre de la politique de voisinage, le Maroc souhaite se rapprocher sur le plan réglementaire, économique, commercial et environnemental. Sur le plan énergétique, il souhaite adopter le plan européen de développement des énergies renouvelables, en particulier le plan solaire dans le cadre global du plan solaire euroméditerranéen.

Depuis le 7 mars 2010, date du premier sommet UE-Maroc de Grenade, conformément au statut avancé octroyé au Maroc, les deux parties affichent un souhait d'approfondir véritablement leurs relations de voisinage permettant de développer des projets d'envergure dans des domaines variées. L'UE appelle le Maroc à converger juridiquement (les 34 chapitres de l'acquis communautaire, en particulier les 4 libertés fondamentales, les normes industrielles, sanitaires et phytosanitaires, les normes de sécurité, l'environnement, les services financiers, etc.).

Sur le plan énergétique et dans le cadre du plan solaire, le Maroc a créé le 20 janvier 2009, suite à la promulgation de la loi n°57.09, l'agence marocaine de l'énergie solaire, officiellement dénommée Moroccan Agency for Solar Energy (MASEN) pour plus de visibilité sur la scène internationale. En tant que société anonyme à directoire et à conseil de surveillance, elle aura l'ambition et la capacité de mobiliser les fonds et mener une stratégie en partenariat avec des parties prenantes publiques et privées, marocaines et européennes.

Par ailleurs, la promulgation de cette loi a été suivie de faits dans la mesure où projet marocain de l'énergie solaire a été officiellement lancé le 2 novembre 2009 en présence du Roi et du gouvernement.

Force est de rappeler que l'agence, suivant l'article 1^{er} de la loi 57.09, « *a pour objet de réaliser, dans le cadre d'une convention conclue avec l'Etat, un programme de développement de projets intégrés de production d'électricité à partir d'énergie solaire, d'une capacité totale minimale de 2 000 MW* ». La MASEN concentre actuellement tous ses efforts sur le site de Ouarzazate qui doit être opérationnel d'ici 2015.

Pour ce qui est du coût, l'investissement total dans le domaine du solaire à l'horizon 2020 est estimé à 9 milliards de dollars.

Le Financement des programmes et la production énergétique adossée au plan solaire marocain : une coopération stratégique est nécessaire

Alors que le Centre de Développement des Energies Renouvelables (CDER) au Maroc est chargé de promouvoir les énergies renouvelables et donc d'identifier des sites potentiels, la MASEN se doit de gérer la production à grande échelle. En outre, l'agence est tenue de développer une réelle recherche et développement en matière de technologie solaire. La MASEN n'est pas seulement dédiée au projet solaire marocain. Elle a pour mission de développer l'énergie solaire sur d'autres sites. L'agence débute avec un capital de départ de 500 MDH apportés par le Fonds Hassan II, l'ONE et l'Etat. Le projet solaire sera financé par des fonds propres apportés par la MASEN, par des banques marocaines et par des prêts concessionnels obtenus auprès des bailleurs de fonds internationaux habituels. L'annonce de ce projet a rapidement suscité de l'intérêt à l'international et les contacts se sont noués de façon spontanée. Des réunions se sont déjà tenues avec la Banque européenne

d'investissement (BEI), la Société financière internationale (SFI-Groupe Banque mondiale) et l'Agence de développement allemande (KFW).

A noter que le projet s'appuie sur une mise en concurrence des grands acteurs mondiaux du solaire (Français, Chinois, Espagnols, Américains, etc.). Ainsi, les technologies, photovoltaïque ou thermodynamique, ne sont pas encore déterminées. Le choix de l'opérateur se fera en partie sur le critère de la technologie, puisque le cahier des charges fixe une obligation de résultat et non de moyens. Enfin, bien que l'export de l'énergie ainsi produite ne soit pas exclu, cette dernière est destinée en priorité à la satisfaction des besoins nationaux.

Coté production, le plan contribue à améliorer une situation caractérisée par une haute dépendance énergétique. En effet, à l'horizon 2020, 42% de l'électricité au Maroc proviendra du renouvelable.

Le projet solaire marocain, prévoit l'installation de cinq centrales thermo-solaires, sur cinq sites déjà identifiés. Il s'agit de Ouarzazate, Aïn Beni Mathar (près d'Oujda), Fom El Quad (près de Laâyoune), Boujdour et Sabkhat Tah (près de Tarfaya). L'ensemble des capteurs solaires occupera un espace de 10 000 ha et la capacité électrique installée atteindra 2 000 MW, soit l'équivalent de la consommation annuelle d'une ville comme Casablanca. La première centrale, située à Ouarzazate, doit être mise en service d'ici 2015 alors que la totalité du projet annoncé doit être finalisée en 2019. Devant générer, à terme, 70 milliards de DH d'investissements publics et privés, ce vaste projet intégré permettra de réduire la dépendance énergétique du pays de 97% à 85%, soit l'économie annuelle d'un million de Tonnes Equivalent Pétrole (TEP), d'une valeur de 500 millions de dollars. La part des énergies renouvelables dans la production électrique nationale devrait également passer de 26% en 2008 à 42% en 2020, en incluant l'éolien, l'hydraulique et le solaire.

Le Plan Solaire Marocain est une initiative majeure pour favoriser le développement des énergies renouvelables. Un premier appel d'offre sera lancé dès cet automne pour construire et exploiter plusieurs centrales d'une capacité de 500 MW à Ouarzazate.

Dans le détail, le projet marocain comportera 5 centrales solaires à :

- OUARZAZATE : Puissance : 500 MW / Superficie : 2500 ha / Production : 1150 GWh/an ;
- AIN BENI MATHAR : Puissance : 400 MW / Superficie : 2000 ha / Production : 835 GWh/an ;

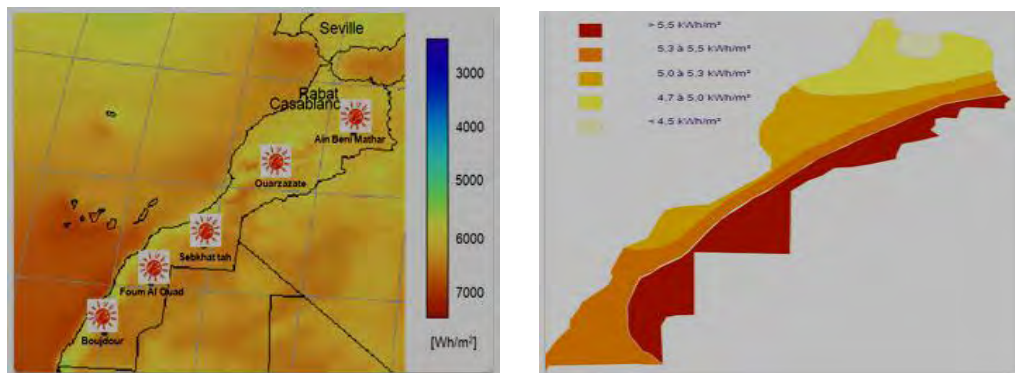
- FOU M AL OUA D : Puissance : 500 MW / Superficie : 2500 ha / Production : 1150 GWh/an ;
- BOUJDOUR : Puissance : 100 MW / Superficie : 500 ha / Production : 230 GWh/an ;
- SEBKHAT TAH : Puissance : 500 MW / Superficie : 2500 ha / Production : 1040 GWh/an

Ainsi, en 2020, le Maroc prévoit que la part de la puissance électrique installée en énergie renouvelable (éolien, solaire, hydraulique) s'établira à 42% du parc.

Les objectifs du Plan Solaire Marocain sont cohérents avec ceux du Plan Solaire Méditerranéen (PSM), volet particulièrement important de l'Union pour la Méditerranée, qui vise à développer des projets de centrales électriques utilisant des sources d'énergies renouvelables sur les rives Sud et Est de la Méditerranée pour une production additionnelle totale de 20 GW d'ici 2020.

La France et le Maroc ont convenu de mettre en place un partenariat institutionnel, technique et financier afin d'assurer le succès du Plan Solaire Marocain.

Cartes d'irradiation solaire du Royaume du Maroc



Source : MASEN.

Grâce à la mise en valeur du potentiel solaire, le projet contribuera à la réduction de la dépendance énergétique, à la préservation de l'environnement, par la limitation des émissions des gaz à effet de serre et à la lutte contre les changements climatiques.

A terme, il permettra annuellement d'économiser en combustibles 1 million de tonne équivalent pétrole (TEP) et d'éviter l'émission de 3,7 millions de tonnes de CO₂.

Outre la production électrique, ce projet inclut la formation, l'expertise technique, la recherche développement, la promotion d'une industrie solaire intégrée et potentiellement le dessalement de l'eau de mer.

Le développement de la filière solaire devrait s'accélérer avec le projet présenté par le gouvernement qui porte sur une production électrique solaire d'envergure d'une puissance de 2000 MW d'ici 2020, soit 38% de la puissance actuelle installée. A l'horizon 2020, l'électricité d'origine solaire couvrira 10% de la demande électrique. Ces objectifs ambitieux sont réalisables grâce aux atouts reconnus dont le pays dispose dans ce domaine. Le potentiel en énergie solaire est énorme, avec une irradiation de ~5 kWh par m² par jour et 3000 heures d'ensoleillement par an.

Le solaire thermique est le plus évident : le parc actuel de chauffe-eau électrique consomme 6 % de la production marocaine d'électricité, pour l'essentiel aux heures de pointe. 45 000 m² de capteurs solaires sont installés, dont 68 % chez des particuliers, soit un taux de couverture de 11 %. Un programme de 100 000 m² de capteurs solaires en 4 ans a été lancé avec le soutien financier du FEM.

Le solaire photovoltaïque constitue une solution privilégiée pour l'électrification rurale décentralisée: éclairage, audiovisuel, pompage. 50 000 systèmes photovoltaïques domestiques fonctionnent aujourd'hui. Le PPER (Programme-pilote d'électrification rurale) permet à 200 000 foyers marocains les plus éloignés du réseau électrique de bénéficier de systèmes photovoltaïques individuels (soutien de la coopération française : MAE, AFD, ADEME). Les applications sont diversifiées : électrification solaire d'écoles, de dispensaires, de relais de télécommunications ; pompage solaire pour la fourniture d'eau potable dans 500 villages.

Le Royaume a une position géostratégique et se situe au carrefour énergétique pour devenir une plateforme énergétique mondiale des échanges électriques accrus entre les pays du pourtour méditerranéen grâce aux interconnexions qu'il a développées avec l'Espagne et l'Algérie. Des projets de dimension régionale, comme le Plan Solaire Méditerranéen et le projet DESERTEC favorisent la synergie dans le développement de l'énergie solaire dans l'espace euro méditerranéen.

Le Maroc a lancé un projet ambitieux dans ce domaine, qui a été initié au niveau institutionnel, par la création d'une Agence nationale, qui a pour mission de veiller à la mise en œuvre des projets solaires électriques. L'Etat, l'Office National de l'Electricité, le Fonds Hassan II pour le Développement Economique et Social ainsi que la Société d'Investissements

Energétiques, ont conclu à une convention de partenariat pour l'établissement de l'Agence dont « Moroccan Agency For Solar Energy ».

Le programme d'énergie solaire nécessitera donc une évaluation en termes de coûts financiers pour couvrir les investissements du projet et le montage financier (fonds publics/privés, nationaux/étrangers, mécanismes concessionnels/non concessionnels et coopération multilatérale/bilatérale). La mise en œuvre opérationnelle du projet devrait être réalisée par des partenariats publics privés ainsi que des opérateurs mondiaux.

De même, ce projet nécessiterait un accompagnement technologique par la mise en place des composantes de formation et de recherche développement par la création de centres de recherche dédiés à l'énergie solaire.

La situation de l'efficacité énergétique au Maroc et dans le pourtour méditerranéen

L'efficacité énergétique a vocation à devenir l'un des axes stratégiques du Plan solaire méditerranéen. Elle constitue également l'une des priorités de la politique communautaire, avec pour objectif une amélioration de 20 % à l'horizon 2020 ; c'est donc tout naturellement que l'UE tente de projeter ces priorités sur son voisinage méditerranéen. Du point de vue des PPM, des investissements importants seront nécessaires pour faire face à l'augmentation considérable de la demande évoquée plus haut. Aussi l'application de technologies énergétiques efficaces est-elle de toute première importance. On mesure le degré d'efficacité énergétique d'un pays en termes statistiques en fonction de son intensité énergétique, c'est-à-dire la quantité d'énergie nécessaire pour produire une quantité déterminée de PIB. Il convient de souligner que la consommation énergétique par habitant est très faible dans certains PPM, alors que leur intensité énergétique est élevée, comme le montre le tableau suivant.

Tableau 1 : Estimation des coûts pour les énergies renouvelables sélectionnées : forte dispersion et incertitude sur l'évolution future

Technologie	Coûts d'investissement (€/kW)	Coût (c€/kWh)
Éolienne	On shore	1100-1300
	Off shore	2200-2400
CSP		3000-4000
Photovoltaïque	En réseau	20-40
	Isolée	40-100
Cycle combiné de gaz	350-650	6-8
Centrale de charbon	1200-1400	4-6

Source : Resources and Logistics-RaL (2010), tableau 8, p. 38.

Tableau 2 :
Consommation d'énergie par habitant et intensité énergétique : consommation faible et intensité éle

2007 Pays/région	Consommation d'énergie par habitant		Intensité énergétique
	TPES/Pop. (toe/habitant)	Consommation d'électricité (kWh/habitant)	TPES/GDP (toe/000 2000US\$)
Monde	1,82	2752	0,30
OCDE	4,64	8477	0,18
Algérie	1,09	903	0,50
Égypte	0,89	1468	0,49
Espagne	3,21	6296	0,20
France	4,15	7573	0,18
Grèce	2,88	5628	0,19
Israël	3,06	7010	0,14
Italie	3,00	5718	0,15
Jordanie	1,26	1956	0,56
Libye	2,90	3880	0,36
Maroc	0,47	715	0,27
Tunisie	0,86	1246	0,33
Turquie	1,35	2210	0,27

Source : AIE, *Key World Energy Statistics 2009*, Paris.

Tableau 3 : Impact sur le PIB des améliorations en matière d'efficacité énergétique :
un effet économique significatif

Pays/Région	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %
Égypte	751	1 406	1 983	2 496	2 955
Maroc	189	353	497	624	737
Tunisie	125	233	328	413	488
Reste de l'Afrique du Nord	584	1 089	1 530	1 920	2 268

Source : Ivanic et Martin (2008).

Note : en millions de dollars.

L'efficacité énergétique devra toucher en particulier le bâtiment. Les pays du Sud y compris le Maroc n'ont pas pu mettre en œuvre une politique axée sur l'efficacité énergétique. Le développement durable doit avoir une portée générale et se focaliser à la fois sur l'amélioration des conditions de vie de la population et sur l'économie de l'énergie et la préservation de l'environnement. Comme le constate à titre de précision Jean-Louis Bal, « outre le développement de matériaux renouvelables dans la construction, comme le bois dont le contenu énergétique est faible, l'intégration des énergies renouvelables dans le bâtiment doit permettre de réduire la consommation d'énergie thermique jusqu'à 20 à 30kwh/an et par

m2 bâti contre une moyenne de 182 actuellement et de 80 dans l'habitat neuf répondant à la réglementation thermique 2000. Les besoins en chaleur basse température, qui représentent 35% des besoins énergétiques d'un pays comme le nôtre, pourraient être satisfaits par l'intégration systématique et parfois combinée dans les bâtiments neufs des meilleurs concepts bioclimatiques et des technologies énergies renouvelables (solaire, bois et géothermie) ».

Le partenariat euroméditerranéen : un vecteur d'intégration et de développement économique régional

L'enthousiasme et l'approche raisonnée pour les énergies renouvelables des gouvernements de la rive nord de la méditerranée s'inscrit dans une logique globale de partenariat axé sur le développement économique, social et technologique.

En effet, l'annexe de la Déclaration de Paris « *Énergies de substitution : le Plan solaire méditerranéen* » confirme la nécessité de s'intéresser aux d'énergies renouvelables : « *L'activité qu'ont connue récemment les marchés énergétiques tant sur la plan de l'offre que de la demande confirme la nécessité de s'intéresser aux sources d'énergie de substitution. La commercialisation de toutes les sources d'énergie de substitution ainsi que la recherche et développement à leur propos constituent donc une priorité fondamentale de l'action menée en faveur du développement durable. Le secrétariat est chargé d'étudier la faisabilité, la conception et la création d'un plan solaire méditerranéen* »¹⁷.

Dans le cadre d'un plan de voisinage en général et dans le cadre d'une coopération croissante dans le domaine énergétique en particulier, il a été question de définir et de sélectionner des projets débouchant sur des concrétisations réelles à moyen et long terme, celui des énergies renouvelables requière une attention toute particulière.

Il a aussi été question de proposer de travailler en collaboration avec les organismes financiers multilatéraux, afin de mettre sur pied un mécanisme financier à même de faciliter des projets de ce type.

Comme l'ont rappelé, José María Marín Quemada et Gonzalo Escribano, « *la Feuille de route élaborée par le groupe (Plan immédiat et Master Plan) se poursuit avec la coopération*

¹⁷ Déclaration de Paris, 2 mars 2005.

d'un groupe réduit de pays : l'Allemagne, l'Espagne, l'Italie et la France du côté européen, et le Maroc et l'Égypte pour les PPM. La réunion des ministres de l'énergie, qui s'est tenue en juin 2009, a donné lieu à l'adoption de deux documents : un document stratégique et un autre document portant sur la gouvernance du processus ».

Une approche stratégique consiste à concevoir et développer des technologies à l'échelon européen en partenariat avec certains pays de la rive Sud de la Méditerranée, en particulier le Maroc et l'Algérie qui sont déjà reliés par des réseaux électriques et de distribution. Ces deux pays ont, dorénavant, des liens plus ou moins étroits dans un certain nombre de domaines notamment ceux du financement et de la recherche. Ces éléments devront évoluer en fonction encore une fois des objectifs d'efficacité énergétique et de développement durable¹⁸.

Il faut en outre reconnaître, dans ce cadre, malgré l'action de l'Ademe qui a fait de la coopération avec les pays du Sud de la Méditerranée une priorité, une certaine léthargie à accélérer le niveau et le rythme des projets en commun sur le plan bilatéral et multilatéral.

Les projets de coopération bilatérale

L'Union Européenne est le premier donateur mondial en matière d'aide au développement, avec 56% de l'aide globale.

La coopération entre l'Union Européenne et les pays voisins du pourtour méditerranéen est en plein essor. L'aide financière, par le biais de programmes communautaires, est de plus en plus conséquente, en particulier dans le domaine de l'énergie.

Dans une brochure intitulée « *Les financements européens en Méditerranée, Energie et Environnement – Entreprises* », l'Ademe rappelle les priorités de cette coopération financière : « *dans les domaines de l'énergie et de l'environnement, la première des priorités est d'aider à la convergence réglementaire des pays voisins méditerranéens en matière d'énergies renouvelables, d'efficacité énergétique et de gestion des déchets et de renforcer la capacité des acteurs institutionnels à mettre en œuvre cette réglementation. La seconde priorité est de*

¹⁸ Pour plus de détails sur ce sujet, voir l'initiative européenne proposée à Johannesburg : *Energy for Poverty Eradication and Sustainable Development*.

développer le savoir-faire du secteur privé dans les domaines cités ci-dessus et de créer un environnement propice à leur croissance, par la création d'infrastructures ».

Dans le cadre de la Politique Européenne de Voisinage (PEV), les pays de la rive Sud de la Méditerranée définissent un partenariat étroit avec la Commission Européenne les axes prioritaires d'intervention.

Le contenu de ces axes est implémenté à travers des enveloppes budgétaires approuvées par les Etats membres de la Commission Européenne.

En effet, l'instrument financier le plus important de la PEV est l'Instrument Européen de Voisinage et de Partenariat (IEVP). Cet instrument a pour but ultime la création d'une zone de stabilité, de sécurité et de prospérité commune dotée d'un niveau élevé d'intégration économique et de coopération politique avec les pays de la Rive Sud de la Méditerranée. Les pays du voisinage méditerranéen bénéficiaires de l'IEVP sont le Maroc, l'Algérie, la Tunisie, l'Egypte, la Jordanie, Israël, le Liban, la Syrie et les territoires Palestiniens.

Force est de constater qu'avec certains de ces pays, l'UE a déjà conclu des accords d'association qui encadrent la coopération bilatérale.

Par ailleurs, il existe également un volet coopération régionale et un volet coopération transnationale mais leur enveloppe budgétaire est nettement inférieure.

Le tableau ci-dessous retrace la budgétisation de ces priorités pour l'ensemble des pays bénéficiaires de l'IEVP entre 2011 et 2013.

Priorités de la coopération européenne avec les pays de la rive sud de la Méditerranée pour 2011-2013		Renforcement de compétences	Assistance technique	Etudes	Infrastructures	Formation	Normalisation Certification	
<u>Algérie</u>	Appui à la protection de l'environnement							34 M €
	Appui à la réforme du secteur du transport		+	+	+	+	+	38 M €
	Appui à la réforme de la pêche et de l'aquaculture							30 M €
<u>Egypte</u>	Réforme du secteur du transport							85 M €
	Réforme du secteur de l'énergie		+	+	+	+	+	84 M €
	Réforme du secteur de l'eau							50 M €
	Appui à la gestion des déchets solides							20 M €
<u>Israël</u>	Jumelages dans les domaines de l'énergie, de l'environnement, du transport etc.	+	+					6 M €
<u>Jordanie</u>	Commerce, entreprise et développement de l'investissement (amélioration du système de transport)		+	+	+	+		40 M €
	Développement des sources renouvelables et alternatives d'énergie							35 M €
<u>Liban</u>	Soutien aux réformes socio-économiques (dont changement climatique et environnement, infrastructure énergie et transports)	+	+	+	+	+		91 M €
<u>Libye</u>	Aide à l'adoption d'une stratégie énergétique à long terme, d'une stratégie nationale de développement des énergies renouvelables, à une amélioration de la gestion de l'eau et du patrimoine naturel etc.	+	+	+		+		10-15 M €
<u>Maroc</u>	Appui à la réforme du secteur énergétique (2008-2012)	+	+	+	+	+		77 M €
	Prévention de l'habitat insalubre (dont meilleure prise en compte des aspects environnementaux dans la planification urbaine : gestion des déchets, efficacité énergétique)				+	+	+	50 M €
	Aide à la convergence avec la réglementation européenne, notamment en matière d'innovation, environnement, recherche et développement, énergie etc.	+	+				+	100 M €
	Intégration des standards environnementaux dans les activités économiques	+	+	+	+	+	+	30-45 M €
<u>Tunisie</u>	Mise à niveau environnementale du secteur privé	+	+			+	+	≈ 10 M €
<u>Syrie</u>	Aide à la convergence avec la réglementation européenne, notamment en matière d'innovation, environnement, recherche et développement, énergie etc.	+	+				+	20 M €
	Promotion de l'intégration des standards environnementaux dans les activités économiques.	+	+		+		+	37 M €
	Efficacité énergétique et développement des énergies renouvelables.	+	+	+	+	+		20 M €
	Développement socio-économique des zones rurales (dont agriculture durable et gestion efficiente de l'eau)	+	+				+	23 M €

Source : Ademe, 2010.

De même, dans le cadre de renforcement de cette coopération financière, l'UE a créé, en 2008, un instrument dit FIV (Facilité d'Investissement pour le Voisinage). Il a pour objectif de soutenir et de renforcer les opérations des institutions financières européennes dans la région du voisinage, en ajoutant à leurs prêts une subvention versée directement au pays bénéficiaire.

Les projets financés visent à :

- développer les infrastructures dans les secteurs du transport, de l'énergie, de l'environnement et de l'action sociale ;
- appuyer les opérations de la formation et de la recherche scientifique, en particulier dans les domaines de la maîtrise de l'énergie et de la préservation de l'environnement ;
- favoriser le développement du secteur privé (surtout en faveur des PME).

En résumé, l'aspect bilatéral de la coopération financière de la FIV est assuré par des institutions financières européennes des États membres tels que l'Agence française de développement (AFD), la Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW), l'Oesterreichische Entwicklungsbank AG (OeEB), la Società Italiana per le Imprese all'Estero (SIMEST) et la Sociedade para o Financiamento do Desenvolvimento (SOFID).

Les projets de coopération multilatérale

Dans le cadre d'une politique de coopération multilatérale, il existe plusieurs instruments interrégionaux qui contribuent à la mise en place de projets méditerranéens auxquels plusieurs partenaires y participent : la BEI, Banque européenne pour la reconstruction (BERD), Banque de développement du Conseil de l'Europe (CEB) et Nordic Investment et l'ensemble des fonds des pays de la Rive Sud.

Ces bailleurs de fonds participent très activement à la mise en place d'une politique de financement des projets d'investissement dans les domaines des infrastructures de l'énergie, en particulier renouvelable. Pour ce qui est de financement de projets au Maroc nous pouvons citer la participation de la BEI dans le projet solaire de Ouarzazate.

A ces bailleurs de fonds d'envergure, s'ajoute la participation de divers consortiums européens et interrégionaux et un certain nombre d'agences telle que l'Ademe.

Les écueils du plan solaire méditerranéen

Le plan solaire méditerranéen et avec lui le plan solaire marocain comporte un certain nombre d'écueils relatifs d'une part à la technologie du solaire elle-même et d'autre part au problème de la mise en place d'une plate-forme solaire méditerranéenne.

De prime à bord, il faut reconnaître qu'aucune filière énergétique, renouvelable ou non, ne peut se prévaloir de ne présenter de tout d'inconvénients. En termes d'impact sur l'environnement, les énergies renouvelables présentent des effets négatifs non négligeables. Comme l'a bien noté Bal¹⁹ J-L., « *les problèmes sont connus : impact paysager pour l'énergie éolienne ; émissions atmosphériques pour certaines utilisations du bois combustible ; risque de contaminants dans le biogaz de décharge ; perturbation de l'écosystème local pour la petite hydraulique... Cependant, la controverse la plus souvent soulevée est celle de l'occupation des sols et certains ne manquent jamais d'évoquer les km² qu'il faudrait couvrir d'éoliennes pour atteindre la puissance d'une centrale nucléaire n'occupant que quelques hectares* ».

Un autre problème notable des énergies renouvelables est l'intermittence de leur disponibilité. Dit autrement, il est quasiment impossible de garantir et pérenniser dans le temps la puissance fournie. L'énergie solaire, thermique ou photovoltaïque, et l'énergie éolienne sont deux exemples les plus cités. Cependant, en relativisant un petit peu ce propos, les chercheurs et scientifiques dans le domaine de l'énergie renouvelable notent qu'avec les progrès de la météorologie, la fourniture devient de plus en plus prévisible, mais reste intermittente.

Ajoutons à cela le problème de coût des investissements initiaux et du financement de la recherche et développement sur le long terme.

¹⁹ Bal, J-L., « Quel avenir pour les énergies renouvelables au Nord et au Sud de la Méditerranée? », *Les Notes IPAMED*, n°8, p. 14.

Comme il a été écrit²⁰, le Plan solaire méditerranéen nous place d'emblée devant un dilemme concernant l'option technologique à favoriser. Quelle technologie privilégierions-nous le solaire thermique, le solaire photovoltaïque, etc.

Par ailleurs, l'un des problèmes majeurs qui pèsera sur l'avenir du renouvelable en général et du solaire en particulier est le problème lié à l'acheminement, au transport et à la façon d'améliorer le réseau en termes de capacités de support et en termes du stockage de l'énergie produite.

La connexion sous-marine entre l'Espagne et le Maroc étant constituée de deux câbles de 700 MW, les installations du Plan solaire méditerranéen destinées à l'exportation d'électricité ne pourront être déployées dans un premier temps qu'au Maghreb, essentiellement au Maroc, avec une capacité théorique limitée à 1 400 MW, ce qui est très faible.

Les études préconisent la création d'un réseau de courant continu à haute tension (CCHT), un *supergrid* destiné à transporter l'énergie produite dans les PPM vers l'UE. À plus long terme, certaines études soulignent la nécessité d'une *supersmart grid* pour permettre l'essor des énergies renouvelables dans la région euroméditerranéenne (PWC, 2010).

Comme l'ont relevé José María Marín Quemada et Gonzalo Escribano, « *les procédures d'approbation très strictes et fragmentées qui existent à l'heure actuelle au sein de l'UE et de ses EM concernant ce type d'infrastructures constituent sans doute l'obstacle principal à la réalisation d'un tel réseau. Les procédures nationales, voire régionales et locales, peuvent également, de par leur nature même, retarder la réalisation de ce type d'infrastructures. Ainsi, le nouvel « Instrument de sécurité et d'infrastructures » de l'UE devrait prévoir des mesures visant à garantir la réalisation des interconnexions dans des délais raisonnables* ».

Revenant au cas de la coopération maroco-espagnole, l'implication de l'UE doit être forte et négociée avec les autorités marocaines et le secteur privé.

Par ailleurs, il est crucial d'un point de vue stratégique de mettre l'accent à l'avenir proche sur la gestion de l'offre et de la demande. Pour cela, une maîtrise, un renforcement des lieux de stockage et de transport de l'énergie renouvelable mais aussi fossile (en particulier le gaz) est à prévoir. A cet égard, comme l'ont soulevé José María Marín Quemada et Gonzalo Escribano, « *la plupart des études montrent que l'entrée en production graduelle des*

²⁰ Voir en plus de détails, José María Marín Quemada et Gonzalo Escribano (2010) et Jean-Louis Bal (2010).

installations d'énergies renouvelables exigera vraisemblablement des capacités complémentaires accrues faisant appel au gaz naturel, et plus concrètement à des centrales à cycle combiné capables de répondre aux pics de demande. Ces scénarios indiquent que les énergies renouvelables représenteront 25 % de la production électrique dans l'OCDE, dépassant le gaz naturel comme deuxième source après le charbon, mais les centrales à cycle combiné joueront néanmoins un rôle crucial dans le système en tant qu'appoint modulable (AIE, 2009) ». Par conséquent, certaines études (TREC, 2007a) estiment qu'il est nécessaire d'augmenter la capacité de stockage de gaz dans les PPM afin d'assurer la stabilité du réseau électrique face à une augmentation de la production à partir d'énergies renouvelables.

Le second élément nécessaire au déploiement des énergies renouvelables sur les rives sud et est de la Méditerranée est l'amélioration et la modernisation de leur réseau électrique. La connexion à l'UE et entre les PPM eux-mêmes permettra de renforcer les systèmes de ces pays, mais elle exige un effort de modernisation important.

De même, la meilleure stratégie et notamment la plus audacieuse aura à se concentrer sur la maîtrise de la technologie de pointe concernant les énergies renouvelables.

Les principes fondamentaux pour la mise en place d'une politique axée sur le plan solaire et comment surmonter les obstacles ?

Un constat préliminaire nous fait reconnaître que seuls le Maroc et la Tunisie (auxquels nous pouvons ajouter Israël et la Turquie) font partie des meilleurs élèves dans le domaine des énergies renouvelables, tandis que les pays producteurs d'hydrocarbures (Algérie, Égypte, Libye, Syrie) ont encore de nombreuses réformes à accomplir dans le domaine des énergies renouvelables, le reste des PPM occupant une position intermédiaire. Quoiqu'il en soit, toutes les études coïncident sur les entraves institutionnelles et légales existantes, parmi lesquelles nous citerons (Plan Bleu, 2008 ; OME, 2008 ; Lafitte *et al.*, 2009 ; Marín et Escribano, 2009 ; RaL, 2010, Marín et Escribano, 2010) :

- L'absence ou la dilution des responsabilités en la matière ;
- Le manque de coordination des organismes concernés ;
- Une législation inexistante ou appliquée de manière partielle ou diffuse ;
- Le manque de stabilité des incitations.

Cette situation exige la mise en place de programmes de coopération technique et de formation destinés à améliorer le cadre légal et à doter les organes de régulation et les administrations de capacités renforcées d'analyse et de supervision. Traditionnellement, les marchés de l'électricité dans les PPM sont couverts par des monopoles nationaux, bien que le Maroc, la Turquie, la Tunisie et l'Égypte aient commencé à autoriser le secteur privé, dès le milieu des années 1990, à participer à la production d'électricité. Aujourd'hui, près de 16 % des capacités installées dans ces pays sont aux mains de producteurs d'électricité indépendants (PEI).

Devant la persistance des monopoles, des accords d'achat d'électricité (AAE) ont été passés avec les PEI, sans réussir, cependant, à attirer les investissements nécessaires. De ce fait, certains PPM ont entrepris de libéraliser leur marché électrique afin d'offrir de meilleures garanties aux investisseurs, mais ce processus est encore loin d'avoir abouti et il reste un chemin long et ardu à parcourir pour les PPM, que l'UE devrait encourager dans ce domaine.

Par ailleurs, il est à noter que le problème de subventions dans les pays comme le Maroc fait souvent piétiner le développement des énergies renouvelables.

Comme l'ont signalé Marín et Escribano (2010), entre autres, les éléments suivants doivent être pris en considération pour mener à bien une politique de développement des énergies renouvelables :

- L'élimination des obstacles non économiques (les obstacles administratifs, les obstacles à l'accès au réseau, la structure inadéquate du marché électrique, le manque d'information et de formation) ;
- La mise en place d'un cadre de soutien transparent et fiable pour attirer les investissements ;
- La mise en œuvre d'incitations adéquates visant à garantir un niveau de soutien spécifique en fonction du degré de maturité technologique, afin d'assurer la diversification technologique ;
- L'instauration d'incitations transitoires décroissantes dans le temps pour promouvoir l'innovation technologique et la compétitivité sur le marché ;
- Le rôle de l'Etat doit demeurer incitatif mais aussi répressif en termes d'aides aux entreprises du renouvelable : une politique de récompense-sanction financière à travers la mise en valeur ou révision des subventions et/ou avantages fiscaux devra être la règle de promotion des énergies renouvelables ;

- La prise en compte de l'impact de la pénétration à grande échelle des énergies renouvelables dans le système énergétique.
- La prise en compte de l'impact effectif du développement des énergies renouvelables sur le développement industriel et des services, en particulier en matière de tourisme.

L'un des aspects majeurs de surmonter les difficultés à venir pour le plan solaire dans le pourtour méditerranéen est de mettre en place une politique volontariste de développement technologique des énergies renouvelables. De même, pour appuyer la coopération financière bilatérale et multilatérale, le rôle de l'investissement direct étranger (IDE) reste un appui de premier plan.

Si la réduction des coûts de l'éolien on-shore et surtout off-shore et du photovoltaïque reste l'épine dorsale de la politique énergétique méditerranéenne, cela n'exclut pas d'insister sur une vision stratégique de pouvoir se disposer de technologies pouvant produire des carburants bon marché. *« La géothermie des roches profondes, dont le potentiel est au moins d'une centaine de twh annuels pourrait apporter de la souplesse à la gestion d'un système énergétique beaucoup plus largement basé sur les énergies renouvelables. S'agissant du système électrique, la grande hydraulique, la bioélectricité et la géothermie fourniraient une production de base et une souplesse d'exploitation tandis que les énergies intermittentes comme l'éolien et le solaire pourraient apporter une relative abondance, différentes formes complémentaires de stockage pouvant être envisagées. Il faut aussi développer de meilleurs outils de prévision des énergies éolienne et solaire, tenant compte du foisonnement de ces ressources de la Méditerranée au cercle polaire. Prédire avec précision à une échelle européenne les apports de ces énergies est tout à fait possible et sera d'une grande valeur ajoutée pour la gestion du système électrique communautaire »²¹.*

Conclusions et recommandations

D'après cette étude synthétique sur l'économie politique de l'énergie au Maroc et selon notre analyse préliminaire sur la situation énergétique marocaine, il semble nécessaire de mettre l'accent sur un mix énergétique renouvelable qui sera axé en grande partie sur l'éolien

²¹ Bal, J-L. (2010): "Quel avenir pour les énergies renouvelables au Nord et au Sud de la Méditerranée?", *Les Notes IPAMED*, n°8, mars, p. 21.

et le solaire, avec une légère préférence au solaire sur le long terme. Il est vrai que la technologie solaire demeure en retard par rapport à celle de l'éolien, néanmoins, le choix du solaire dans le cas marocain permet de résoudre beaucoup de problèmes sur le long terme car cela permettra de faire face à une demande individuelle en énergie propre, en particulier dans le milieu rural.

Par ailleurs, vu le caractère de plus en plus coûteux des énergies fossiles, vu leur rareté et vu la dépendance en termes d'approvisionnement qu'elles engendrent, une politique d'orientation claire et ambitieuse pour le renouvelable s'impose au Maroc, sachant au passage que le pays importe la totalité de ses besoins en énergies d'origine fossile. Il est donc temps de mettre en application un plan stratégique et une politique de recherche en matière d'énergies renouvelables, en particulier solaire.

Le Plan solaire intra-méditerranéen offre des opportunités importantes de coopération euroméditerranéenne, entre l'Europe et le Maroc en général et entre le Maroc et l'Espagne en particulier. La complémentarité et les intérêts communs partagés semblent évidents.

Cette coopération favorise l'autonomie énergétique, le développement durable, l'efficacité énergétique, la diffusion technologique, la création d'emplois, le développement de la recherche, etc.

Il semble par ailleurs que le projet du plan solaire méditerranéen ne peut réussir que s'il est coopératif et global dans la mesure où il faudrait se concentrer sur l'ensemble des composantes du projet, à commencer par la faisabilité physique, productive et commerciale jusqu'à la mise à disposition de l'énergie (électricité) pour les consommateurs en passant par les techniques et possibilités du financement de projet, la technologie adoptée, l'acheminement de l'énergie (infrastructures de connexion et d'interconnexion, *supergrids*), la mise en exergue des difficultés liées en particulier au transport, à l'intermittence, au stockage de l'énergie, etc.

Pour cela, nous recommandons à travers la conclusion de notre étude, les points suivants :

- Evaluer l'ensemble de la politique énergétique et en particulier renouvelable pour permettre une vision d'avenir, une stratégie et atteindre les objectifs en matière d'efficacité énergétique, en mettant l'accent sur la diffusion des informations sur les coûts et les bénéfices des projets à réaliser ;

- Se baser sur l'expérience d'autres pays, en particulier celle de l'Espagne ;
- Garantir que les appels d'offres aboutissent à des choix privilégiant les compétences, le savoir-faire reconnu mondialement et le niveau de technologie élevé et prometteur afin à la fois de mettre en valeur les compétences nationales mais surtout pour pouvoir déployer en temps voulu les projets d'investissement ;
 - Assurer la coordination entre les autorités compétentes afin de garantir que l'implantation des infrastructures en matière d'énergies renouvelables ;
 - Il faut que le programme national en énergies renouvelables soit accompagné par une politique d'efficacité énergétique et en matière de sauvegarde des espaces et de l'environnement ;
 - Il faut poursuivre une politique de formation ambitieuse afin d'accompagner cet engouement pour les énergies renouvelables. Le Maroc manque terriblement des compétences nécessaires dans le domaine de renouvelable ;
 - Clarifier la méthode de répartition des dépenses publiques de R-D dans le domaine de l'énergie (comment, combien, dans quels secteurs et pour quelles institutions) ;
 - Définir clairement une politique de R-D dans les domaines qui ont un lien direct et indirect avec les énergies renouvelables comme le secteur du transport ferroviaire, le secteur automobile développant la voiture électrique, mais aussi tout ce qui touche à l'économie de l'énergie ;
 - Si le Plan solaire marocain est conçu comme un programme de production de l'énergie propre et durable, il ne doit pas faire l'impasse sur un autre programme plus urgent, c'est-à-dire, la lutte contre la pauvreté énergétique ;
 - Utiliser le plan solaire comme une feuille de route, une note stratégique et d'orientation de politique économique permettant de développer des industries pourvoyeuses de croissance et d'emplois.

Références bibliographiques

Abdelkrim, S. et P. Henry (2009): *Investissement direct étranger vers les pays Med en 2008. Face à la crise*. Étude ANIMA n° 3, mars. ANIMA Investment Network.

Agence internationale de l'énergie – AIE (2008a): *IEA Wind Energy Annual Report 2008*. AIE-OCDE, Paris.

Agence internationale de l'énergie – AIE (2008b): *Deploying Renewables. Principles for Effective Policies*. AIE-OCDE, Paris.

Agence internationale de l'énergie – AIE (2008c): *Empowering Variable Renewables*. AIE-OCDE, Paris.

Agence internationale de l'énergie – AIE (2009): *World Energy Outlook 2009*. AIE-OCDE, Paris.

Agence internationale de l'énergie (AIE) – AIT (2009): *World Energy Outlook 2009*. AIE-OCDE, Paris.

Banque mondiale (2009): "Tapping a Hidden Resource: energy Efficiency in the Middle East and North Africa", Energy Sector Management Assistance Program-ESMAP, Washington.

Barcelo, D., M. Petrovic et J. Alemany (2009): "Problems and Needs of Sustainable Water Management in the Mediterranean Area", document présenté au Barcelona Euromed Forum, organisé par l'IEMed, Barcelone, le 5 novembre.

Barnes, D. and W. Floor (1996): "Rural Energy in Developing Countries: A Challenge for Economic Development," *Annual Review Energy Environment* 21, pp. 497-530.

Bicchi, F. (2006): "'Our Size Fits All': Normative Power Europe and the Mediterranean", *Journal of European Public Policy*, 13(2): 286-303.

Bonduelle, A., Lefevre, M. (2003): *Eole ou Pluton*, Rapport de Greenpeace, décembre.

Centre de développement des énergies renouvelables (1995), *Le Gisement éolien du Maroc*.

Centre de développement des énergies renouvelables (CDER), <http://www.cder.org.ma/>.

Commission Européenne (2007): *Energy Corridors: European Union and Neighbouring Countries*. Directorate-General for Research, Bruxelles.

Commission Européenne (2009): "The Renewable Energy Progress Report", Commission staff working document, SEC/2009/0503 final.

Commission mondiale sur l'environnement et le développement (1987): *Our Common Future*. Oxford Univ. Press.

Cutler, R. M. (2007): "Recent Developments in Cooperative Energy Security", *Oil, Gas & Energy Law Intelligence*, Vol. 5, No 4, pp. 1-19.

Darbouche, H. (2008): "Decoding Algeria's ENP Policy: Differentiation by Other Means", *Mediterranean Politics*, 13 (3), pp. 371-389.

Debbarh, A. M., (2004): "L'énergie : développement énergétique au Maroc depuis 1955, perspectives 2025. Dans "Cadre Naturel Environnement et Territoires", <http://www.rdh50.ma/fr/gt08.asp>, 32 pages.

DLR (2006): *TRANS-CSP. Trans-Mediterranean Interconnection for Concentrating Solar Power*. DLR Institute of Technical Thermodynamics, Stuttgart, avril.

Escribano, G. (2010): "Convergence towards Differentiation: The Case of Mediterranean Energy Corridors", *Mediterranean Politics*, 15 (2).

FEMISE (2007): "Le défi de l'emploi dans les pays méditerranéens", étude FEMISE : FEM3d-02, www.femise.org.

IEMed (2009): *Discussion document*, Barcelona Euromed Forum.

Ivanic, M. et W. Martin (2008): "Implications of Reforming Energy Use Policies in the Middle East and North Africa", World Bank, Washington, mai.

Judson, R. A., R. Schmalensee et T. M. Stoker (1999): "Economic Development and the Structure of the Demand for Commercial Energy", *The Energy Journal*, Vol. 20, No. 2, pp. 29-57.

Lafitte, M., F. Massout, J-M. Charpin, C. Trink y P. Palat (2009): Rapport sur le Plan Solaire Méditerranéen, Ministère de l'Économie, de l'Industrie et de l'Emploi, mai.

Lorec, P. (2009a): "Plan Solar Méditerranéen", *Afkar/Ideas* n° 22.

Lorec, P. (2009b): "Mediterranean Solar Plan - A Win-Win Opportunity", EREC Congress, 13 février 2009, Bruxelles.

Marín, J. M. et G. Escribano (2009): "Renewable Energies as a Vector for Euro Mediterranean Integration", IEMed discussion document, Barcelona Euromed Forum, 5-11-2009.

Marín, J. M. et G. Escribano (2010): “Le plan solaire méditerranéen en tant que vecteur d’intégration et de développement économique euroméditerranéen”. Document élaboré pour le Ministère de l’Industrie, du Commerce et du Tourisme et pour la Conférence de Valence sur le Plan solaire méditerranéen, IEMed.

Maroc, Ministère de l’Economie et des Finances, Direction des Etudes et des Prévisions Financières, (DEPF 2010) : *Tableau de bord des finances publiques*.

Martin, J-M. (1992): *Economie et politique de l’énergie*. Armand Colin.

Ministère de l’énergie et des mines (2010) : *Programme Intégré de Production Électrique Éolienne*.

Ministère de l’Energie, des Mines, de l’Eau et de l’Environnement,
<http://www.mem.gov.ma/>.

Moroccan Agency for Solar Energy, <http://www.masen.org.ma/>.

OME – Observatoire Méditerranéen de l’Energie (2008): *Mediterranean Energy Perspectives 2008*. OME.

Plan Bleu (2008a) : *Changement Climatique et Énergie en Méditerranée*. Sophia Antipolis, juillet.

Plan Bleu (2008b): “Changement climatique en Méditerranée. L’efficacité énergétique et les énergies renouvelables au cœur des solutions”. *Les Notes du Plan Bleu*, n° 10, novembre. Sophia Antipolis.

TREC – Trans-Mediterranean Renewable Energy Cooperation (2007a): *Clean Power from Deserts. White Book*. TREC/Club of Rome, Hambourg.

Keramane, A. (2010): “L’efficacité énergétique et les énergies renouvelables”, *Les Notes IPEMED*, n°8, mars.

Bal, J-L. (2010): “Quel avenir pour les énergies renouvelables au Nord et au Sud de la Méditerranée?”, *Les Notes IPEMED*, n°8, mars.

UNESCO, Division des sciences fondamentales et des sciences de l’ingénieur, Sommet mondial sur le développement durable (2002): *Energies renouvelables pour le développement durable*, WSSD, Johannesburg, 26 août-4 septembre.

EU Energy Initiative for Poverty Eradication and Sustainable Development (2002):
World Summit for Sustainable Development, Johannesburg.

ONU (2005): *Déclaration de Paris*. 2 mars.

AIE (2009): *Key World Energy Statistics*. Paris.

A SIMULATION OF THE ECONOMIC IMPACT OF RENEWABLE ENERGY DEVELOPMENT IN MOROCCO

Rafael de Arce (UAM), Ramón Mahía (UAM), Eva Medina (UAM)

INTRODUCTION

There is no doubt about the importance of the Mediterranean countries as optimum producers of clean solar energy in terms of density of normal irradiation (DNI). The installation and operation of renewable energy source (RES) plants can produce meaningful economic implications in terms of induced production and employment creation. The Mediterranean Solar Plan of the European Union is now a reality and crucial political decisions about its implementation in the coming years need to be soundly sustained with robust simulation models of the different environmental, economic, and social effects of this project.

As highlighted in European Commission (2010): ‘The MSP is not restricted to any particular technology. Even though it has a specific focus on solar CSP (Concentrated Solar Power), solar PV (Photovoltaic) and windbased power generation, it integrates an important component that considers energy efficiency and will also consider smaller-scale decentralised systems based on other RES technologies.’

The main objective of this paper is to identify future RES implementation scenarios in Morocco and simulate their economic effects over the next 30 years in terms of GDP, added value by economic sector, and employment in the country.

We start from a consensus scenario of future electric demand of (different international agencies and alternative research projects) and we concentrate on the supply side, analysing several alternatives of future RES electric production mix in Morocco, and comparing the economic effects of these alternatives.

The econometrical methodology applied in this paper is based in a dynamic input–output (IO) model, with a detailed exposition of the analytical strategy to conduct the evaluation of different scenarios of the next 30 years.

In a 30-year span of time, major changes in the economic structure of a developing country can be expected. It is forecast that the Moroccan economy will experience deep change in its internal and external economic linkages in terms of the production structure. In order to capture this evolution dynamics in the simulation system, we start with the classic I-O model framework in its traditional implementation (see Ciorba et al., 2004 or Caldés et al., 2009) but, in order to avoid the constraints of the static point of view of this focus in a long-term simulation, we incorporate some technical variants. The main variant in our model is use of a dynamic evolution in the technical coefficients of I-O and in the labour productivity coefficients, developing a changing structure of these crucial factors during the simulation forecasting time.

The paper begins with a brief exposition of the dynamic I-O model and the analytical strategy used. After this exposition, the data and hypotheses of our research are introduced. Then, the main results of the scenario simulations are shown and, finally, we conclude.

ANALYTICAL SCHEMA AND DYNAMIC INPUT–OUTPUT MODEL

In order to determine the level of investment needed for simulations based on different technological alternatives, we start with some basic inputs that are used to outline the RES investment needs in the country, and the ‘Business Plan’ (investment needs) for each of the alternative scenarios considered.

- a) The expected electricity demand for the entire forecast horizon and the production mix are exogenous inputs in our simulation model and in line with those provided by the Moroccan authorities.

- b) In order to determine the required investment to meet this demand with a given set of investment resources a *load factor* is empirically calculated.
- c) In order to evaluate both the investment and operation and maintenance costs (O&M) for each of the different technologies, the most up-to-date information in the industry market is considered.
- d) In order to adjust those costs for our medium–long-term simulation scenarios, a learning curve or cost reduction evolution (in terms of global installed capacity of each technology) is established. As usual, it is assumed that, fixing a progress ratio of 90%, the cost of each component is reduced by a half every time the global installed capacity doubles.

Depending on the investment needs, the share of resources that should be provided by the different sectors of the domestic economy and the share that should be covered by imported production is determined. In the context of the medium- and long-term simulation of economic impacts, the imported percentage of investment resources becomes a key factor in defining the different simulation scenarios up to 2040.

Finally, considering the increase in demand for every sector, we compute the direct production needed to achieve the simulation scenarios, following an I-O model according to the methodology of Leontief (1966) and the previous works of Arce and Mahia (2010) and Arce et al. (2011).

Taking into consideration some previous literature about RES economic impacts (see Laitner et al., 2008 and Wei et al., 2010 for an extensive survey) two main methodological approaches exist. On the one hand there are *analytic models*, using the sensibility analysis of aggregated data without interaction between sectors. On the other hand there are the *I-O based models*

which include the interlinked economic structure considering the multiplicative effects between sectors.

In the United States, the National Renewable Energy Laboratory (NREL) has developed the JEDI Model Project, based on I-O methodology. In its origin, it was focused on the Wind Powering America initiative but, currently, it has been extended to the other electricity production alternatives (CSP, photovoltaic, biofuels, marine and hydrokinetic power, coal and natural gas power). This methodology has been extensively used in a large number of technical projects (see Algosó et al., 2004, Stoddard et al., 2006 and Vote Solar Initiative, 2009 among others).

In Europe, the European Commission has sponsored several projects using this methodology (see Project NEEDS, 2006 or Project REACCES, 2009). Madlener et al. (2007) analysed the impact of bioenergy in Austria. Lehr et al. (2008) estimated the economic impact of renewable energy use in Germany up to 2030, and Caldés et al. (2009) investigated the socio-economic impact of increasing the installed solar thermal energy power capacity in Spain. Allan et al. (2008) examined the economic and environmental impact that the installation of 3 GW of marine energy capacity would have on Scotland.

For the Middle East and North African area (MENA countries) the number of such studies is small. Ciorba et al. (2004) measured the impact of photovoltaic investment in Morocco in terms of induced production and job creation, using the static I-O methodology.

In contrast with the methodology frequently applied in the past, in this research we use a dynamic I-O model (DIO) (see Arce and Mahia, 2010 for a detailed analysis of such models). With this DIO variant, we try to address the fundamental simulation drawback that comes from the static nature of I-O tables, especially when medium- and long-term simulations are undertaken. The limitation of a classic I-O framework for long-term simulations arises from the fixed nature of the intersectoral relations (or technical coefficients) describing the economy interlinks at a given moment. It seems obvious that, in the future, every country's economic

structure will change, especially in those developing countries chasing development standards. In this context, our analytic benchmark strategy assumes that the Moroccan economy will achieve progressively (over the next 50 years) a similar economic structure as that of France today, at least in terms of network dependencies, global supply and distribution of each economic sector.

Considering France as the country of reference for envisaging the future of the Moroccan economy structure is not an outrageous hypothesis. The colonial past has induced durable trade and investment links between Moroccan and French firms, frequently involved in joint ventures, and France has become the main trading and foreign investment partner for Morocco.

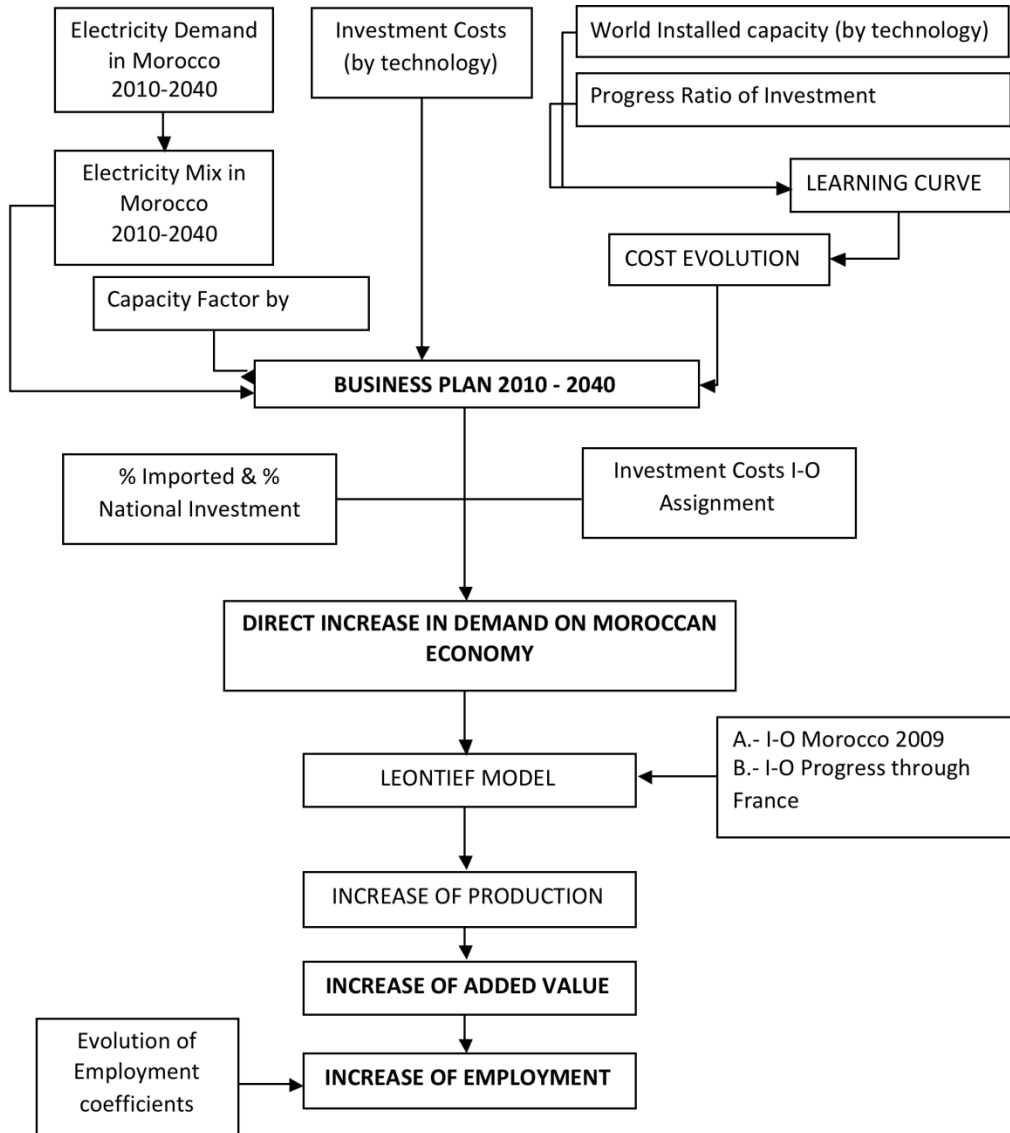
Under this assumption we use the technique of bi-proportional distributing RAS (see Allen and Göbbling, 1975 or Dijkman and Burgess, 1994 to determine the actual values of the French marginal values of the matrix of intermediate consumption from the I-O tables. We suppose a progressive convergent evolution of the current Moroccan technical coefficients in three stages during the next three decades. We use a similar strategy regarding the ratios of value added versus production. From the Leontief inverse matrix, we then get the total effect (direct plus indirect) due to the direct increase in demand, stemming from the construction, operation and management of the different plants for various RES energy production scenarios.

Once again, in a dynamic context and with a time horizon of 30 years, it is necessary to make a plausible estimation of the future evolution of productivity in the Moroccan economy. We use a trend regression for the ratio of number of employees over the estimated production for each sector of activity using the historical data available on value added and employment in the country.

When this first stage of the simulation (commonly known as *production effect*) has been accomplished we can compute the induced demand effect. Technically, we compute the new disposable income for consumption (derived from the new jobs created in the previous stage) and distribute it as new demand for each sector, using the vector of typical consumption in

Morocco from the I-O final demand matrix structure. Once again, the Leontief demand model is used to estimate the valued added and new employment with the same dynamic features already mentioned.

Figure 1. Simulation design



DATA AND HYPOTHESIS

3.1. Electricity Demand of Morocco 2010–2040

To determine the electricity demand in Morocco over the next 30 years, we use the official estimates of the Moroccan Ministry of Energy, Mines, Water and the Environment, providing data up to 2030. In order to extend these forecasts to 2040, we have also used the data provided by the UE REACCESS project (2009). This project formulated a forecast for electricity demand based on a dynamic model using parameters obtained from regressions between electricity demand and per capita income in the MENA region. The results of both the Moroccan ministry and REACCES are similar for the common forecast period.

3.2. Learning Curve and Cost Evolution by Technology

Mathematically, the cost of each component (C) at time t is related to the cost at time zero, the ratio of the global installed capacity (P) and a technological progress rate (PR) as follows:

$$C_t = C_0 \left(\frac{P_t}{P_0} \right)^{\frac{\log(PR)}{\log(2)}}$$

Both for CSP and WP, installed capacity forecasts were taken from the NEEDS Project (2008). In the case of the future evolution of PV installed capacity, we used data from the IEA RoadMap (2010). In order to determine the rates of technological progress (PR), we took the values discussed in Neij (2008) and NEEDS (2008) shown in Table 1.

Table 1. Technological Progress Rates

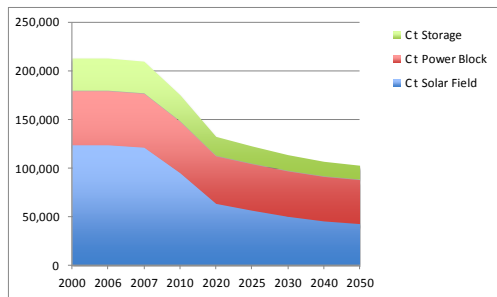
	Technological Progress Rate
CSP	
PARAB. THROUGH	
Solar Field	90%
Power Block	98%
Storage	92%
TOWER PLANT	
Solar Field	90%
Power Block	98%
Tower	98%
Storage	92%
PHOTOVOLTAIC	
Balance of System (BOS)	80%

PV Modules	80%
Bateries/Storage	80%
WIND POWER	
Cables and Network Connection	99%
Power Block	90%
Tower	99%

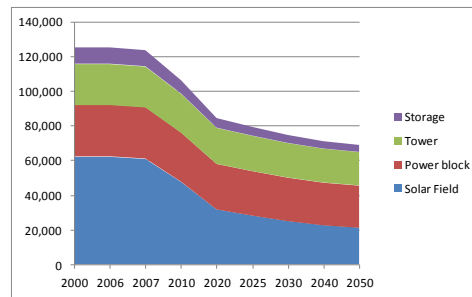
Source: Neij, 2008 and NEEDS, 2008

Cost Evolution by technology²²

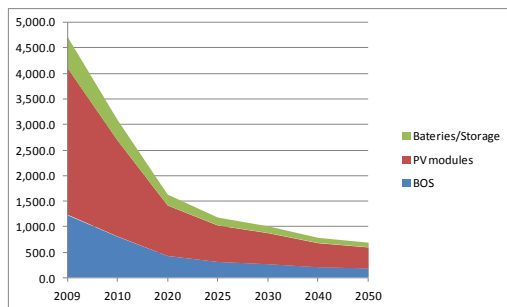
Parabolic Through



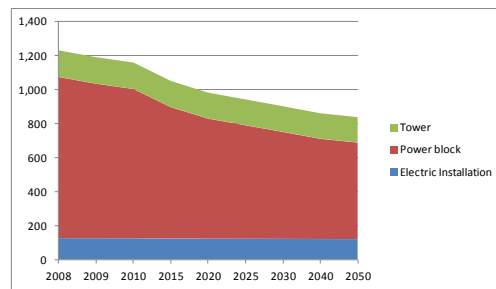
Tower Plant



Photovoltaic



Windmills



3.3. Capacity Factors

The capacity factor (CF) of each RES technology is a crucial aspect in order to plan the investment amount needed to produce a given energy supply. Taking into account the installed

²² Cost per usual plant (50MW for parabolic through, 17 MW for Tower Plant, 1.5 MW for Windmill, Photovoltaic 1MW).

capacity of a plant, we can calculate the total potential energy that could be produced per year, assuming that it works 24 hours a day and 365 days a year (8760 hours a year). Obviously, the plant is not constantly working and so production is going to be lower. We can get the real load factor with a simple calculation.

The CF is defined as

$$\text{capacity factor} = \frac{\text{MW produced per year}}{\text{MW Installed} * 24 * 365}$$

In the following paragraphs, we will discuss this ratio for each RES technology in our study.

Concentrated Solar Plant CF

The values of CF for CSPs move in a wide range when considering several aspects: current observable data in other countries, type of technology, land characteristics, DNI, seasonal variations, geomorphology, cloud conditions, technological progress, tracking devices, shading, location,.... (See REACCESS (2009)) The storage capacity does not imply more CF but displaces the output delivery.

For the case of CSP, different technologies are available. In 2012, over a total world installed capacity of 11 GW, the distribution by technology will be (IEA forecast):

- Parabolic through: 44%.
- CPV: 8%.
- Stirling Dish: 14%.
- Tower plant: 5%.
- Fresnel concentrator: 12%.
- Other: 17%.

For currently available data of working CSP projects around the world, the estimated CFs are in the range 25–29% (using data for Barstow/USA, Almeria/Spain, Ibersol-Puertallano/Spain). In

the technical proposals of current projects, the engineers use a figure of 2550 hours per year (29%), see SOCOIN (2010).

The seminal research of Sargent and Lundy (2003) about this issue established a CF of 42% in 2010 for Tower plants. The NREL estimates that CFs in 2020 could reach 56.2% with parabolic-through collectors and up to 72.9% with Tower Plants.²³

SOCOIN, Engineering Consulting of Gas Natural Company (Spain), estimates a CF of 53.9% for hybrid projects of CSP (parabolic through) and Gas, using thermal oil as storage fluid. Other projects in Priolo/Italy and Liddell/Australia that use molten salts and Fresnel concentrators obtain an even higher CF (around 70%).

In order to decide the best value for CF CSP plants in Morocco we can examine the basic technical parameters of the five projects announced up to 2020, see Table 2.

Table 2. Moroccan CSP Projects Basic Parameters

Location	Capacity Installed MW	Mix sources MW	Land surface	Annual production GW h/y
AIN BENI MATHAR	400 MW	20 CSP* 380 Gas	2000 ha	835
OUARZAZATE	500 MW	25 CSP** 475 Gas	2500 ha	1150
FOUM AL OUAD	500 MW	25 CSP** 475 Gas	2500 ha	1150
BOUJDOUR	100 MW	5 CSP** 95 Gas	500 ha	230
SEBKHAT TAH	500 MW	25 CSP** 475 Gas	2500 ha	1040

Source: MASEN, 2011. * Real, ** estimated.

As shown in Table 2, these projects are designed with combined cycle gas (CCG) and parabolic-through technologies, with a heavy weighting of gas over solar. For the case of Ain

²³ See more details in http://www.nrel.gov/csp/troughnet/market_economic_assess.html

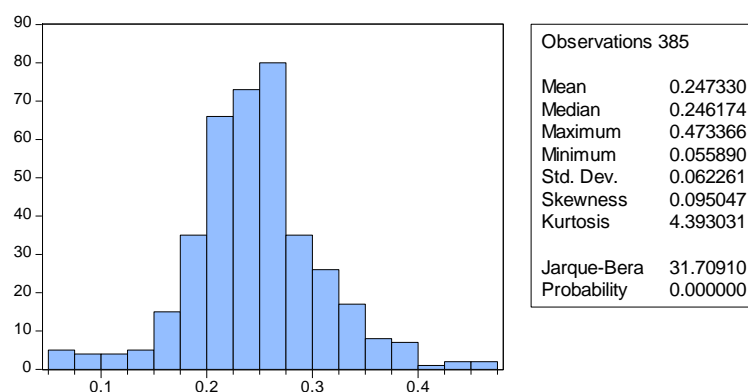
Beni Mathar (already built) the total amount of 400 MW of installed capacity is split into 20 MW with parabolic-through engines and 380 MW with CCG. Assuming a similar configuration for the other planned plants, we obtain a 5% of CSP over the total installed capacity. The Moroccan Agency for Solar Energy (MASEN) has established a reference capacity factor of 23.8% from new, but considering the extraordinary characteristics of Morocco in terms of DNI, solar multiples, geomorphology and land possibilities, DLR estimates that the CF could rise to 55%. We, finally, opted for this CF.

Windmill Farm and Photovoltaic Field CFs

The wide spectrum of different plants with various installed capacities for both technologies already operating in Spain (as a Mediterranean reference quite close to Morocco) permits us to obtain more accurate reference data about real CFs.

In the case of wind power, the fairly unpredictable behaviour of wind produces wide differences in the total observed CF over the years. The data for 2002–2010 for Spain shows a robust mean of 24.7%, with a standard deviation of 6 points (dropping some outlier observations for recently installed wind power farms). This 25% CF value is sometimes seen as a ceiling, on the assumption that the current windmills are using the best available locations.

Figure 2. Observed CF: Wind Power, Spain (2002 to 2010)



Source: Own elaboration.

In the case of the photovoltaic fields, Red Eléctrica de España (REE, 2010) computed a capacity factor of 19.8% (average 2010) in line with the figures of Hynes (2009) who assumes a reasonable range of 20–25% CF.

3.4. Investment and Operating and Maintenance (O&M) Costs

For the determination of investment and O&M costs we compared a variety of sources: the available information in Caldes (2009) (especially regarding CSP), NEEDS (2008), the Call for Proposal issued by Abengoa to build the Moroccan CSP Central in Ain Beni Mathar, data from several volumes of the industry specialized magazine CSP Today, some specific interviews with Spanish experts in the field of renewable energy technologies (from Abengoa Solar, Iberdrola and Union Fenosa) and the JEDI Model data (see section 2 of this paper) frequently used in RES-related literature. For the specific case of photovoltaic technology, the wide range of costs in the market, due to the very different qualities of mirrors employed, forced us to take the simple average cost of each component.

In Figures 3 to 5, we show the final data used in the simulation for each technology and decade, considering the cost reduction curve for each component according to the progress ratios and the evolution of the global capacity installed as detailed above.

In addition, it is interesting to notice (see table 6) that, in spite of the great reduction of the overall MW cost expected for CSP and PV technologies, the lower relative cost of the Wind Power technology will persist during the whole simulation period.

Table 3. Parabolic Through Investment and O&M costs per 1 MW installed (,000 €)

	2010	2020	2025	2030	2040
Solar field	2,469.7	1,262.0	1,121.6	995.6	900.6
Solar field	2,103.3	1,074.7	955	847.9	766.9
HTF field	288.7	147.5	131.1	116.4	105.3
Spare parts and other expenses	77.7	39.7	35.3	31.3	28.3
Power block	1,113.8	979.3	957.4	935.7	917.9
Natural gas boiler	3,051.0	2,682.4	2,622.5	2,563.2	2,514.4

Vacuum generator	4,767.0	4,191.1	4,097.4	4,004.9	3,928.6
BOP	13,173.0	11,581.7	11,322.7	11,066.9	10,856.1
Generation plant	30,811.0	27,089.0	26,483.3	25,885.0	25,391.8
Spare parts and other expenses (50%)	3,888.0	3,418.3	3,341.9	3,266.4	3,204.2
Terrain	24.2	24.2	24.2	24.2	24.2
Storage	663.7	390.2	355.4	323.4	298.7
Storage system	19,837.0	11,660.4	10,621.3	9,665.3	8,927.6
Salts	13,350.0	7,847.2	7,148.0	6,504.6	6,008.1
Construction	531.7	531.7	531.7	531.7	531.7
Engineering	256.8	159.1	91.2	48.4	24.1
Contingencies	256.8	159.1	91.2	48.4	24.1
Total	5,316.7	3,505.5	3,172.6	2,907.4	2,721.3
Operating and Maintenance Annual Cost					
Fixed operational costs	25.8	25.8	25.8	25.8	25.8
Maintenance	55.2	55.2	55.2	55.2	55.2
Financing (r=7%)	108.6	108.6	108.6	108.6	108.6
Natural gas	31.3	31.3	31.3	31.3	31.3
Electricity	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0
Total	246.0	246.0	246.0	246.0	246.0

Source: Own elaboration based on different sources.

Table 4. Wind Power Investment and O&M costs per 1 MW installed (,000€)

	2010	2020	2025	2030	2040
Electric Installation + Net Connection	85.3	83.6	83.1	82.7	82.2
Tower (Steel)	103.4	101.3	100.7	100.2	99.6
Turbine	583.8	469.6	444.0	418.4	392.0
Land (terrain)	54.3	36.2	24.1	16.1	10.7
Storage	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Construction	38.6	31.9	30.4	28.9	27.4
Engineering	14.5	12.0	9.4	7.1	5.0
Transports	14.5	12.0	9.4	7.1	5.0
Total	894.5	746.6	701.3	660.5	621.9
Operating and Maintenance Annual Cost					
Fixed operation	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1
Maintenance	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2
Financing (r=7%)	19.3	19.3	19.3	19.3	19.3
Natural gas	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Electricity	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Total	29.2	29.2	29.2	29.2	29.2

Source: Own elaboration based on different sources.

Table 5. Photovoltaic Investment and O&M costs per 1 MW installed (,000 €)

	2010	2020	2025	2030	2040
PV MODULE	1,880.18	986.80	712.52	608.06	470.22
Solar cell	849.12	445.65	321.78	274.61	212.36
Other components	129.89	68.17	49.22	42.01	32.48
Electrical Connections	7.46	3.91	2.83	2.41	1.86
BOS	805.79	422.92	305.37	260.60	201.52

Inverter	175.30	92.01	66.43	56.69	43.84
Batteries	402.90	211.46	152.68	130.30	100.76
Rest	45.70	23.99	17.32	14.78	11.43
Land	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43
Construction and	975.17	975.17	975.17	975.17	975.17
Total	3,661.57	2,385.31	1,993.48	1,844.24	1,647.34
Operating and Maintenance Annual Cost					
Financing (r=7%)	17.09	11.13	9.30	8.61	7.69
Rest	12.50	8.15	6.81	6.30	5.63
Total	29.59	19.28	16.11	14.90	13.31

Source: Own elaboration based on different sources.

Table 6. Cost comparison of different technologies (Overall costs per 1 MW installed)

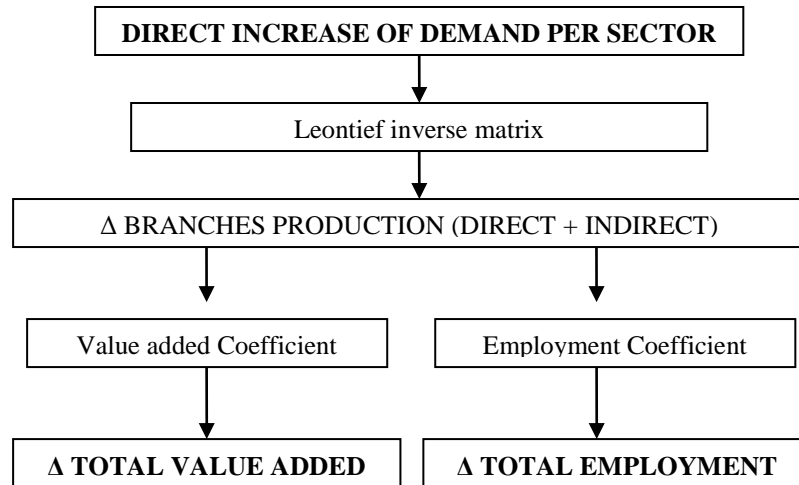
	2010	2020	2025	2030	2040
Concentrated Solar Power (CSP)	5,316.7	3,505.5	3,172.6	2,907.4	2,721.3
Photo Voltaic (PV)	3,661.57	2,385.31	1,993.48	1,844.24	1,647.34
Wind Power (WP)	894.5	746.6	701.3	660.5	621.9
Cost Ratio CSP / WP	5.9	4.7	4.5	4.4	4.4
Cost Ratio PV / WP	4.1	3.2	2.8	2.8	2.6

3.5. Direct Demand Assignment and Dynamic I-O framework

The construction, installation and O&M domestic demands are satisfied by different economic sectors. The theoretical allocation of these supply–demand interrelations have been taken, as a proximate reference, from the Spanish economy according to the I-O tables of 2009 (see Appendix Tables A1 to A3). However, it should be remembered that a percentage of these supplies are supposed to be imported and, thus, this imported share will be one of the key input parameters used for the definition of the different simulation scenarios (see section 4).

These supply shares assigned to each sector equal the direct increase in demand in the simulation model. Starting from this demand increase, we then estimate the total effects of increased production in Morocco using the Leontief inverse matrix, conveniently *dynamized* (as explained above). Once the increase in total production is estimated, the impact in value added and employment is deduced using the *value added over production* and the *employment over value added* coefficients.

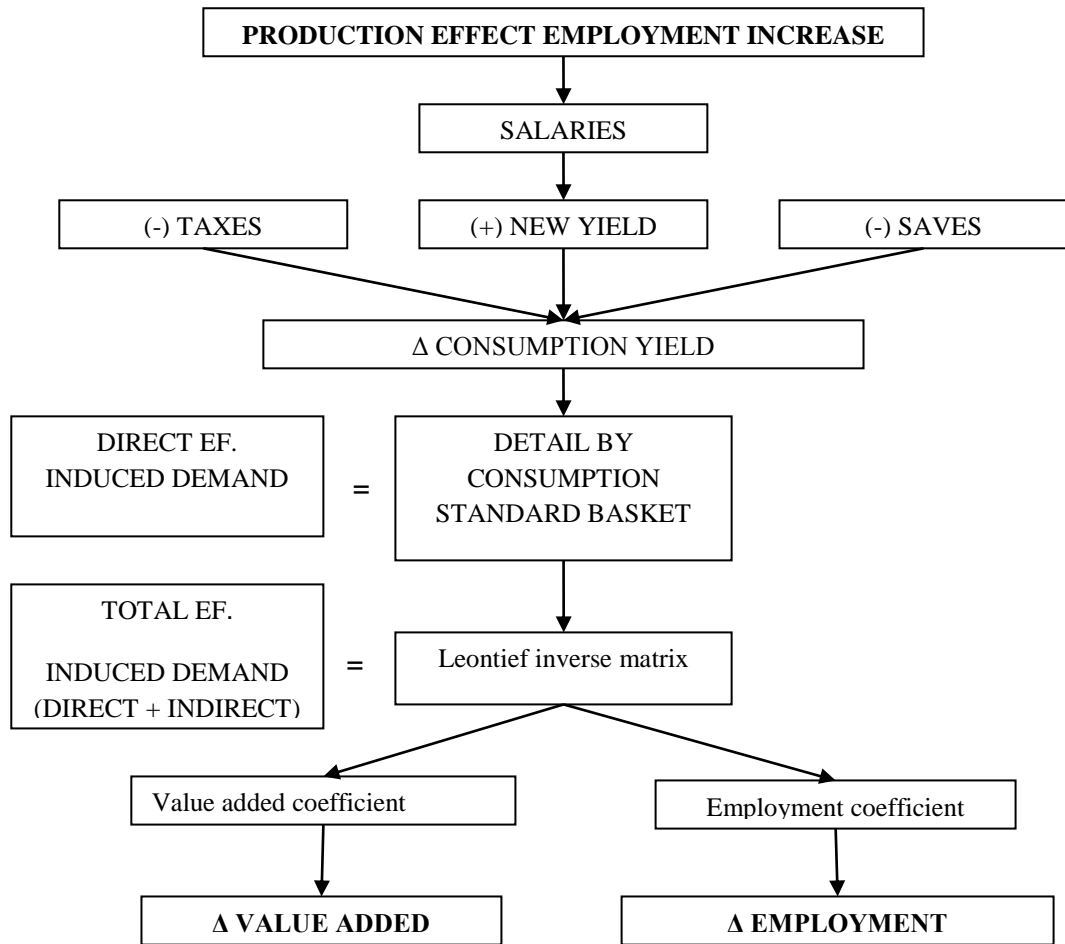
Figure 3. Production Effect Schema using Leontief Algorithm and Dynamized Coefficients



Source: Arce and Mahia (2010)

Finally, the *induced demand effect* is obtained using the Leontief model to connect the employment of the previous section with the final demand in the I-O system (see next illustration):

Figure 4. Induced Demand Schema using Leontief Algorithm and dynamized Coefficients



Source: Arce and Mahia (2010)

SIMULATION SCENARIOS AND MAIN RESULTS

To observe the different effects on the Moroccan economy over the next 30 years, seven scenarios of simulation are discussed. Each one of these different scenarios results from a combination of two basic hypotheses:

- a) the surplus or portion of the total RES that Morocco expects to export to third countries in the future;
- b) the share of the total of RES investment that is assumed to be imported.

Table 6. Definition of the Scenarios of Simulation

		PROGRESSIVE REDUCTION OF IMPORTED COMPONENTS		
		NO	YES	
EXPORTING	NO	SCENARIO I <i>(Baseline)</i>	SCENARIO II	
	20% OF RENEWABLE ENERGY (ADDITIONAL)	SCENARIO III	SCENARIO IV	
	INCREASING THE INSTALLED CAPACITY IN RENEWABLES TO EXPORT WITH..	..CSP PLANTS	SCENARIO V	-
		..PV PLANTS	SCENARIO VI	-
		..WIND FARMS	SCENARIO VII	-

The results obtained for the different variant scenarios are compared to the baseline for scenario I (no energy exports and no import dependency reduction). The electricity mix of Moroccan installed capacity by source is detailed in the Appendix, Table A4.

The alternative exporting hypothesis comprises the export of 20% of electricity production, without increasing production capacity (scenarios III or IV) or, alternatively, with additional installed capacity to generate the production surplus to be exported (scenarios V to VII, depending on the technology chosen to produce that export-oriented surplus).

Regarding imports, two alternatives are simulated: (i) maintaining the current status quo without reducing dependency on investment imported goods (scenario II) or (ii) considering a progressive reduction of investment imports dependency of up to one-half of the existing (scenario IV).

In the baseline scenario I, the *value added* global average annual effect on the Moroccan economy resulting from the installation of renewable energy starts at about 0.18% of GDP in 2010 and reaches 1.17% in 2040. The corresponding impact on employment would be about 36,000 new jobs in 2010 and around 265,000 at the end of the forecasting period.

It seems logical to consider that the optimum outcome for Moroccan authorities would be described in scenario 4, where a 20% of surplus is exported with the actual investment effort (and once domestic demand has been satisfied) and, at the same time, the economy progressively reduces foreign dependence on imported investment goods needed to build up the energy plants. Scenarios II and III are intermediate situations that permit us to isolate the impact of import dependency reduction (scenario II) or the exporting benefits (scenario III). For scenario III, the effect of exports is relatively small: at the end of the period, the whole value added impact is about 1.41% on GDP (compared with 1.17% in the baseline) and the number of jobs created would be around 319,000 (slightly less than 80,000 above scenario II).

On the other hand, reducing the import dependency (scenario II) increases the value added impact up to 1.6% at the end of the period (an additional impact of around 0.4% compared with

the baseline) and increases by up to 401,000 the creation of employment (around 140,000 more than in the baseline).

For the optimum scenario (scenario IV) the combined impact of RES, reducing dependence on imports and exporting a 20% surplus is equal to 1.9% (in terms of value added) and 482,000 employees.

The remaining scenarios (V, VI and VII) permit us to make a ceteris paribus comparison on the differential economic impact due to the selection of each one of the three RES technology alternatives.

The results of scenarios V and VI indicate that the use of photovoltaic technology or CSP have similar consequences in terms of economic effect on the Moroccan economy, only slightly higher in the case of CSP: the impact on GDP would be about 0.05% higher with CSP than in the photovoltaic case and the number of jobs created are very similar at the end of the forecast horizon. In contrast, the wind farm scenario VII makes a clear difference: the impact would represent 1.8% of GDP in 2040 compared to 1.25% average of the two alternative sources and, regarding employment, the use of this alternative would lead to about 415,000 jobs in the economy.

Table 7. Comparative Summary of Basic Results for the Different Scenarios of Simulation (Impact on Value Added in % of GDP and Employment at the End of the Forecasting Period)

			PROGRESSIVE REDUCTION OF IMPORTED COMPONENTS	
			NO	YES
EXPORTING	NO		+1.17% GDP +265,730 Empl.	+1.59% GDP +401,671 Empl.
	20% OF RENEWABLE ENERGY		+1.41% GDP +318,876 Empl.	+1.91% GDP +482,005 Empl.
	INCREASING THE INSTALLED CAPACITY IN RENEWABLES TO EXPORT WITH...	...CSP PLANTS	+1.27% GDP +289,369 Empl.	-
		...PV PLANTS	+1.24% GDP +282,631 Empl.	-
		...WIND FARMS	+1.6% GDP +415,032 Empl.	-

Table 8. New Employment by Scenario (Full-Time Equivalent Workers)

Scenario	2010	2020	2030	2040
I	35,989	67,609	162,931	265,730
II	35,989	79,561	223,519	401,671
III	35,989	81,130	195,517	318,876
IV	35,989	95,474	268,223	482,005
V (CSP)	35,989	81,418	178,633	289,369
VI (PV)	35,989	78,304	162,220	282,631
VII (WIND)	35,989	96,671	238,113	415,032

Table 9. Detailed Figures of Added Value Impact by Scenario (,000 €)

Scenario	2010	2020	2030	2040
I	137,936	295,070	828,276	1,555,418
II	137,936	330,489	1,043,678	2,104,220
III	137,936	354,084	993,931	1,866,502
IV	137,936	396,586	1,252,414	2,525,064
V (CSP)	137,936	334,664	888,130	1,679,047
VI (PV)	137,936	327,647	833,800	1,645,104
VII (WIND)	137,936	443,991	1,274,363	2,467,939

FINAL REMARKS

The purpose of this paper is to present a meaningful comparison of the economic impact of various investment options of renewable energy production in Morocco. Some important issues, such as the legal, regulatory or institutional constraints or the financial viability of the projects, are beyond the scope of the paper.

The overall figures for the economic impact on GDP range from 1.17% to 1.9% at the end of the forecasting period covered (2040), with a full-time equivalent employment effect of between 267,000 and 415,000 jobs.

In the light of our results, we conclude that the alternative that produces most benefits in terms of impact on GDP and employment growth would be the installation of windmills, whatever framework of exports and imports is observed.

The positive environmental impact of the installation of these RES technologies is obvious and this work makes it clear that there are also significant socio-economic outcomes. In the specific case of Morocco, the value in being a future producer of clean energy is unquestionable. The Moroccan RES investment project is still in its infancy, but the benefits in the near future seems clear. In that sense, the results of our investigation provide a useful quantitative framework that should help to foster the implementation of RES plans.

The simulation hypotheses used in this exercise may be more or less questionable and, thus, the final figures may be also doubtful to some extent, but this paper provides a transparent and complete analytical framework that could be easily reproduced by other authors using alternative assumptions.

REFERENCES

- Algozo, D. and Rusch, E. 2004. "Job Growth from Renewable Energy Development in the Mid-Atlantic". Renewables Work of NJPIRG Law and Policy Center.
- Allan, G.J., Bryden, I., McGregor, P.G., Stallard, T., Swales, J.K., Turner, K., Wallace, R., 2008. "Concurrent and legacy economic and environmental impacts from establishing a marine energy sector in Scotland". *Energy Policy* 36(7), 2734–2753.
- Allen and Gößling, 1975. *Estimating and Projecting Input-Output Coefficients*. London: Input-Output Publishing Co.
- Arce, R. de y R. Mahía, R., 2010. "An Estimation of the Economic Impact of Migrant Access on GDP: the case of the Madrid Region". *International Migration Journal*, DOI: 10.1111/j.1468-2435.2010.00641.x.
- Arce, R. de, Mahia, R. and Escribano, G., 2011. "Energy Security for the EU in the 21st Century: Markets, geopolitics and Corridors". Chapter 11: "The Europeanization of EU Member States' Energy Policies: Convergence Patterns". Edited by JM Quesada, J. Verdugo and G.Escribano. Routledge Editions, November 2011.
- Ciorba, U., F. Pauli, and Menna, P. 2004. "Technical and economical analysis of an induced demand in the photovoltaic sector". *Energy Policy* 32 (2004) 949–960.
- Caldés, N., Varela, M., Santamaría, M. and Saéz, R. 2009. "Economic impact of solar thermal electricity deployment in Spain". *Energy Policy* (2009). doi:10.1016/j.enpol.2008.12.022
- Dijkman y Burgess, 1994: "Estimating origin-destination matrices from incomplete data" *Traffic engineering + Control*, October 1994.
- Dijkman H., Burgess A. (1994): «Estimating origin-destination matrices from incomplete data», *Traffic Engineering + Control*, October 1994, vol. 35, no. 10, pp. 563-565.
- European Commission, 2010. "Identification Mission for the Mediterranean Solar Plan". Final Report, ENPI, Neighbourhood – Mediterranean & Eastern Europe, January 2010.
- Hynes, J. 2009. "How to compare Power Generation Choices". *Renewable Energy World*, October, 29. (faltan páginas)
- IEA, 2010. *Solar Photovoltaic Roadmap 2010*.
http://www.iea.org/papers/2010/pv_roadmap_foldout.pdf
- JEDI Model Project, 2010. "Job and Economic Development Impact Model". US department of Energy. *Energy Efficiency & Renewable Energy*. <http://www.windpoweringamerica.gov/>
- Laitner, John A. and McKinney, V.. 2008. "Positive Returns: State Energy Efficiency Analyses Can Inform U.S. Energy Policy Assessments." ACEEE Report E084. Washington, DC: American Council for an Energy-Efficient Economy, 2008.
- Lehr, U., Nitsch, J., Kratzat, M., Lutz, C., Edler, D. 2008. "Renewable energy and employment in Germany". *Energy Policy* 36(1), 108–117.
- Leontief, W. 1966. *Input–Output Economics*. Oxford University Press, New York.

Madlener, R. and Koller, M. 2007. "Economic and CO2 mitigation impacts of promoting biomass heating systems: an input-output study for Vorarlberg, Austria". *Energy Policy* 35(12), 6021–6035.

NEEDS, 2008. "D 12.2 Final report on technical data, costs, and life cycle inventories of solar thermal power plants", March, 2008. Project NEEDS, 6th EU Framework Program.

Neij, L. 2008. "Cost development of future technologies for power generation—A study based on experience curves and complementary bottom-up assessments". *Energy Policy*, 36, 2200–2211.

REACCESS, 2009. "Characterization of Electricity Import Corridors – Export Potentials, Infrastructures and Costs". Technical Note TN 2.3. Final report, December 2009. 7th EU Framework Program. Risk of Energy Availability: Common Corridors for Europe Supply Security.

REE, 2010. "El sistema eléctrico español: avance del informe 2010". Red Eléctrica de España, diciembre de 2010.

Sargent & Lundy 2003. "Assessment of Parabolic Through and Power Tower Solar Technology Cost and Performance Forecasts". NLER, October 2003.

SOCOIN, 2010: "Energía solar termoeléctrica y biomasa: hibridación y apoyo con gas natural". Enero, 2010.

Stoddard, L., Abiecunas, J. and O'Connell, R. 2006. "Economic, Energy, and Environmental Benefits of Concentrating Solar Power in California". Subcontract Report NREL/SR-550-39291. National Renewable Energy Laboratory. Operated for the U.S. Department of Energy Office of Energy Efficiency and Renewable Energy by Midwest Research Institute, Battelle.

Vote Solar Initiative (2009). "The Sun Rises On Nevada: Economic and Environmental Impacts of Developing 2.000MW of Large-Scale Solar Power Plants". San Francisco.

Wei M., Patabia S., y Kammen D. M. 2010. "Putting renewables and energy efficiency to work: How many jobs can the clean energy industry generate in the US?" *Energy Policy* 38, pp. 919–931.

APPENDIX

Table A1. Percentage assignment of investment goods demands (columns) to different supply sector (rows): PARABOLIC THROUGH PLANTS

	Solar field	Power block	Terrain	Storage	Construction	Engineering	Contingencies
A00 Agriculture, forêt et services annexes			13.4				
B05 Pêche, aquaculture							
C00 Industrie d'extraction							
D01 Industries alimentaires et tabac							
D02 Industries du textile et du cuir							
D03 Industrie chimique et parachimique	3.3			28.6			
D04 Industrie mécanique, métallurgique et électrique	60.8	72.4		41.4			
D05 Autres industries manufac. hors raffinage pétrole	19.2						
D06 Raffinage de pétrole et autres produits d'énergie			10.6				
E00 Electricité et eau							
F45 Bâtiment et travaux publics	8.6	25.4	22.1	22	100		
G00 Commerce							
H55 Hôtels et restaurants							
I01 Transports	8.1	2.2		8			
I02 Postes et télécommunications							
J00 Activités financières et assurances							
K00 Immobilier, location et serv. rendus entreprises			22.1				
L75 Administration publique et sécurité sociale							
MNO Education, santé et action sociale							
OP0 Autres services non financiers			31.8			100	100
TRO Correction territoriale							
TOTAL SECTORS	100	100	100	100	100	100	100

Table A2. Percentage assignment of investment goods demands (columns) to different supply sector (rows): WIND POWER

	Electric Installation + Net Connection	Tower (Steel)	Turbine	Land (terrain)	Storage	Construction	Engineering	Transports
A00 Agriculture, forêt et services annexes				13.4				
B05 Pêche, aquaculture								
C00 Industrie d'extraction								
D01 Industries alimentaires et tabac								
D02 Industries du textile et du cuir								
D03 Industrie chimique et parachimique								
D04 Industrie mécanique, métallurgique et électrique	21.4	98	96					
D05 Autres industries manufac. hors raffinage pétrole								
D06 Raffinage de pétrole et autres produits d'énergie				10.6				
E00 Electricité et eau	78.6							
F45 Bâtiment et travaux publics		2		22.1		100		
G00 Commerce								
H55 Hôtels et restaurants								
I01 Transports								100
I02 Postes et télécommunications								
J00 Activités financières et assurances								
K00 Immobilier, location et serv. rendus entreprises				22.1				
L75 Administration publique et sécurité sociale								

MNO Education, santé et action sociale								
OP0 Autres services non financiers			4	31.8			100	
TRO Correction territoriale								
TOTAL SECTORS	100	100	100	100	100	100	100	100

Table A3. Percentage assignment of investment goods demands (columns) to different supply sector (rows): PHOTOVOLTAIC

	Solar Cell	Other components	Electrical Connections	BOS	Inverter	Batteries	Rest	Land	Con
A00 Agriculture, forêt et services annexes								13.4	
B05 Pêche, aquaculture									
C00 Industrie d'extraction									
D01 Industries alimentaires et tabac									
D02 Industries du textile et du cuir									
D03 Industrie chimique et parachimique	68.19					50	33		
D04 Industrie mécanique, métallurgique et électrique		100	100		100	50	67		
D05 Autres industries manufac. hors raffinage pétrole	23.15								
D06 Raffinage de pétrole et autres produits d'énergie								10.6	
E00 Electricité et eau	8.66								
F45 Bâtiment et travaux publics								22.1	
G00 Commerce									
H55 Hôtels et restaurants									
I01 Transports									
I02 Postes et télécommunications									
J00 Activités financières et assurances									
K00 Immobilier, location et serv. rendus entreprises								22.1	
L75 Administration publique et sécurité sociale									

MNO Education, santé et action sociale									
OP0 Autres services non financiers								31.8	
TRO Correction territoriale									
TOTAL SECTORS	100	100	100	100	100	100	100	100	

Table A4. Baseline Electricity Mix of Morocco – Installed Capacity by Source (MW, Scenario 1)

	CSP (PARAB. THROUGH)	WIND POWER	PHOTOVOLTAIC	TOTAL
2010	20	284	13	317
2012	20	1,192	20	1,232
2015	225	1,595	50	1,870
2020	416	2,000	80	2,496
2030	1,299	3,390	128	4,816
2040	2,893	5,777	205	8,875

Table A5. Projected Installed Capacity (MW) by Decade and Scenario

	SCENARIO 1	SCENARIO 2	SCENARIO 3	SCENARIO 4	SCENARIO 5	SCENARIO 6	SCENARIO 7
2010	317	317	317	317	317	317	317
2012	1,232	1,232	1,479	1,479	1,406	1,735	1.662
2015	1,870	1,870	2,244	2,244	2,136	2,436	2.323
2020	2,496	2,496	2,995	2,995	2,868	3,384	3.226
2030	4,816	4,816	5,780	5,780	5,623	6,268	5.926
2040	8,875	8,875	10,651	10,651	10,450	11,839	11.171

TOTAL INVESTMENT BY SCENARIO (,000 EUROS)

Scenario 1		2010	2020	2030	2040	2050
TOTAL	PARAB.					
	THROUGH	106,335	669,053	2,567,373	4,339,444	4,923,042
	WIND POWER	254,035	302,466	917,897	1,484,812	966,106
	PHOTOVOLTAIC	47,600	71,559	88,524	126,516	192,324
	TOTAL	407,970	1,043,078	3,573,795	5,950,772	6,081,473
NATIONAL	PARAB.					
	THROUGH	16,254	136,462	533,626	924,917	1,068,218
	WIND POWER	153,533	183,942	549,577	886,036	574,354
	PHOTOVOLTAIC	14,477	31,441	48,971	77,576	123,603
	TOTAL	184,263	351,845	1,132,174	1,888,529	1,766,175
IMPORT	PARAB.					
	THROUGH	90,081	532,591	2,033,747	3,414,527	3,854,824
	WIND POWER	100,501	118,523	368,320	598,777	391,752
	PHOTOVOLTAIC	33,124	40,119	39,553	48,940	68,721
	TOTAL	223,706	691,233	2,441,621	4,062,243	4,315,298
Scenario 2		2010	2020	2030	2040	2050
TOTAL	PARAB.					
	THROUGH	106,335	669,053	2,567,373	4,339,444	4,923,042
	WIND POWER	254,035	302,466	917,897	1,484,812	966,106
	PHOTOVOLTAIC	47,600	71,559	88,524	126,516	192,324
	TOTAL	407,970	1,043,078	3,573,795	5,950,772	6,081,473
NATIONAL	PARAB.					
	THROUGH	16,254	221,199	1,129,297	2,309,154	2,995,630
	WIND POWER	153,533	214,096	712,955	1,235,906	844,303
	PHOTOVOLTAIC	14,477	37,824	60,555	97,416	157,963
	TOTAL	184,263	473,119	1,902,808	3,642,476	3,997,897
IMPORT	PARAB.					
	THROUGH	90,081	447,854	1,438,076	2,030,290	1,927,412
	WIND POWER	100,501	88,369	204,942	248,906	121,803
	PHOTOVOLTAIC	33,124	33,736	27,968	29,100	34,361
	TOTAL	223,706	569,959	1,670,987	2,308,296	2,083,576
Scenario 3		2010	2020	2030	2040	2050
TOTAL	PARAB.					
	THROUGH	106,335	802,863	3,080,848	5,207,333	5,907,651
	WIND POWER	254,035	362,959	1,101,477	1,781,775	1,159,327
	PHOTOVOLTAIC	47,600	85,871	106,228	151,819	230,789
	TOTAL	407,970	1,251,693	4,288,554	7,140,926	7,297,767

NATIONAL	PARAB.					
	THROUGH	16,254	163,754	640,351	1,109,901	1,281,862
	WIND POWER	153,533	220,731	659,493	1,063,243	689,225
	PHOTOVOLTAIC	14,477	37,729	58,765	93,091	148,323
	TOTAL	184,263	422,214	1,358,609	2,266,235	2,119,410
IMPORT	PARAB.					
	THROUGH	90,081	639,109	2,440,497	4,097,432	4,625,789
	WIND POWER	100,501	142,228	441,984	718,532	470,103
	PHOTOVOLTAIC	33,124	48,143	47,464	58,728	82,466
	TOTAL	223,706	829,479	2,929,945	4,874,691	5,178,357
Scenario 4						
		2010	2020	2030	2040	2050
TOTAL	PARAB.					
	THROUGH	106,335	802,863	3,080,848	5,207,333	5,907,651
	WIND POWER	254,035	362,959	1,101,477	1,781,775	1,159,327
	PHOTOVOLTAIC	47,600	85,871	106,228	151,819	230,789
	TOTAL	407,970	1,251,693	4,288,554	7,140,926	7,297,767
NATIONAL	PARAB.					
	THROUGH	16,254	265,439	1,355,156	2,770,985	3,594,756
	WIND POWER	153,533	256,916	855,546	1,483,087	1,013,164
	PHOTOVOLTAIC	14,477	45,388	72,667	116,899	189,556
	TOTAL	184,263	567,743	2,283,369	4,370,971	4,797,476
IMPORT	PARAB.					
	THROUGH	90,081	537,424	1,725,692	2,436,348	2,312,894
	WIND POWER	100,501	106,043	245,931	298,688	146,164
	PHOTOVOLTAIC	33,124	40,483	33,562	34,920	41,233
	TOTAL	223,706	683,951	2,005,184	2,769,955	2,500,291
Scenario 5						
		2010	2020	2030	2040	2050
TOTAL	PARAB.					
	THROUGH	106,335	1,042,205	3,828,208	6,430,186	6,912,013
	WIND POWER	254,035	302,466	917,897	1,484,812	966,106
	PHOTOVOLTAIC	47,600	71,559	88,524	126,516	192,324
	TOTAL	407,970	1,416,230	4,834,630	8,041,514	8,070,443
NATIONAL	PARAB.					
	THROUGH	16,254	212,571	795,690	1,370,542	1,499,792
	WIND POWER	153,533	183,942	549,577	886,036	574,354
	PHOTOVOLTAIC	14,477	31,441	48,971	77,576	123,603
	TOTAL	184,263	427,954	1,394,237	2,334,154	2,197,748

IMPORT	PARAB. THROUGH	90,081	829,634	3,032,519	5,059,644	5,412,221
	WIND POWER	100,501	118,523	368,320	598,777	391,752
	PHOTOVOLTAIC	33,124	40,119	39,553	48,940	68,721
	TOTAL	223,706	988,276	3,440,392	5,707,360	5,872,695

Scenario 6		2010	2020	2030	2040	2050
TOTAL	PARAB. THROUGH	106,335	717,881	554,908	2,403,043	4,170,308
	WIND POWER	254,035	302,466	917,897	1,484,812	966,106
	PHOTOVOLTAIC	47,600	806,569	2,403,666	3,790,146	3,638,004
	TOTAL	407,970	1,826,916	3,876,471	7,678,002	8,774,418

NATIONAL	PARAB. THROUGH	16,254	146,421	115,337	512,189	904,887
	WIND POWER	153,533	183,942	549,577	886,036	574,354
	PHOTOVOLTAIC	14,477	354,376	1,329,687	2,324,017	2,338,070
	TOTAL	184,263	684,740	1,994,601	3,722,241	3,817,311

IMPORT	PARAB. THROUGH	90,081	571,460	439,571	1,890,854	3,265,420
	WIND POWER	100,501	118,523	368,320	598,777	391,752
	PHOTOVOLTAIC	33,124	452,193	1,073,978	1,466,129	1,299,934
	TOTAL	223,706	1,142,176	1,881,870	3,955,760	4,957,107

Scenario 7		2010	2020	2030	2040	2050
TOTAL	PARAB. THROUGH	106,335	717,881	554,908	2,403,043	4,170,308
	WIND POWER	254,035	498,826	1,625,559	2,665,314	2,091,892
	PHOTOVOLTAIC	47,600	71,559	88,524	126,516	192,324
	TOTAL	407,970	1,288,267	2,268,991	5,194,873	6,454,524

NATIONAL	PARAB. THROUGH	16,254	146,421	115,337	512,189	904,887
	WIND POWER	153,533	303,358	973,279	1,590,479	1,243,638
	PHOTOVOLTAIC	14,477	31,441	48,971	77,576	123,603
	TOTAL	184,263	481,220	1,137,586	2,180,244	2,272,128

IMPORT	PARAB. THROUGH	90,081	571,460	439,571	1,890,854	3,265,420
	WIND POWER	100,501	195,469	652,280	1,074,835	848,254
	PHOTOVOLTAIC	33,124	40,119	39,553	48,940	68,721
	TOTAL	223,706	807,048	1,131,404	3,014,628	4,182,396

SIMULATIONS SUMMARY:

SCENARIO 1.- “BUSINESS AS USUAL”

PRODUCTION	2010	2020	2030	2040	2050
Direct Effect					
Production (K €)	494,937	706,839	1,781,747	3,002,228	2,131,091
Added Value (K €)	58,010	129,184	361,277	686,976	591,176
Employment (employees)	6,589	16,866	28,747	40,838	30,203
Indirect Effect					
Production (K €)	243,214	457,528	1,275,845	2,358,903	1,871,449
Added Value (K €)	58,010	129,184	361,277	686,976	591,176
Employment (employees)	23,343	41,051	109,085	185,779	134,516
Total Effect					
Production (K €)	738,152	1,164,366	3,057,592	5,361,131	4,002,540
Added Value (K €)	116,020	258,368	722,554	1,373,952	1,182,352
Employment (employees)	29,932	57,917	137,832	226,617	164,718
INDUCED DEMAND	2010	2020	2030	2040	2050
Direct Effect					
Production (K €)	34,829	62,281	175,992	294,621	233,358
Added Value (K €)	15,562	27,180	76,085	123,362	90,107
Employment (employees)	4,245	7,565	19,198	28,911	19,796
Indirect Effect					
Production (K €)	15,688	25,692	79,118	148,879	136,389
Added Value (K €)	6,354	9,522	29,637	58,104	56,363
Employment (employees)	1,812	2,126	5,900	10,202	8,247
Total Effect					
Production (K €)	50,517	87,973	255,110	443,499	369,747
Added Value (K €)	21,916	36,702	105,721	181,466	146,470
Employment (employees)	6,057	9,691	25,099	39,113	28,043
TOTAL (PRODUCTION+INDUCED DEMAND)	2010	2020	2030	2040	2050
Direct Effect					
Production (K €)	529,766	769,120	1,957,739	3,296,849	2,364,449
Added Value (K €)	73,572	156,364	437,362	810,338	681,282
Employment (employees)	11,127	27,289	53,183	79,514	62,401
Indirect Effect					
Production (K €)	258,903	483,220	1,354,963	2,507,782	2,007,838
Added Value (K €)	64,364	138,706	390,914	745,080	647,539
Employment (employees)	25,155	43,177	114,985	195,982	142,763
Total Effect					
Production (K €)	788,669	1,252,339	3,312,702	5,804,631	4,372,288

Added Value (K €)	137,936	295,070	828,276	1,555,418	1,328,822
Employment (employees)	35,989	67,609	162,931	265,730	192,761
PRO-MEMORIAM	2010	2011-2020	2021-2030	2031-2040	2041-2050
GDP Morocco (K €) (*)	76,694,200	92,033,040	110,439,648	132,527,578	159,033,093
Total Effect (A.V.) / GDP	0.18%	0.32%	0.75%	1.17%	0.84%
Employment (personnes)	10,551,306	10,656,819	10,763,387	10,871,021	10,979,731

() Growth rate estimated 4% for GDP and 1% for Employment*

SCENARIO 2.- “SMART”

PRODUCTION	2010	2020	2030	2040	2050
Direct Effect					
Production (K €)	494,937	800,118	2,312,299	4,219,000	3,677,569
Added Value (K €)	58,010	143,511	450,938	919,902	937,439
Employment (employees)	6,589	24,380	64,490	120,530	126,213
Indirect Effect					
Production (K €)	243,214	501,788	1,563,411	3,084,297	2,909,440
Added Value (K €)	58,010	143,511	450,938	919,902	937,439
Employment (employees)	23,343	43,704	125,365	224,149	189,450
Total Effect					
Production (K €)	738,152	1,301,906	3,875,710	7,303,297	6,587,009
Added Value (K €)	116,020	287,023	901,876	1,839,803	1,874,878
Employment (employees)	29,932	68,084	189,855	344,679	315,663
INDUCED DEMAND	2010	2020	2030	2040	2050
Direct Effect					
Production (K €)	34,829	73,759	236,055	429,296	400,139
Added Value (K €)	15,562	32,189	102,051	179,752	154,506
Employment (employees)	4,245	8,960	25,750	42,126	33,944
Indirect Effect					
Production (K €)	15,688	30,427	106,119	216,934	233,867
Added Value (K €)	6,354	11,277	39,751	84,664	96,646
Employment (employees)	1,812	2,518	7,914	14,866	14,142
Total Effect					
Production (K €)	50,517	104,185	342,174	646,229	634,007
Added Value (K €)	21,916	43,466	141,802	264,417	251,152
Employment (employees)	6,057	11,477	33,664	56,992	48,085
TOTAL (PRODUCTION+INDUCED DEMAND)	2010	2020	2030	2040	2050
Direct Effect					
Production (K €)	529,766	873,877	2,548,354	4,648,295	4,077,708
Added Value (K €)	73,572	175,701	552,989	1,099,654	1,091,945
Employment (employees)	11,127	36,197	95,478	172,421	172,559
Indirect Effect					
Production (K €)	258,903	532,215	1,669,530	3,301,231	3,143,307
Added Value (K €)	64,364	154,788	490,689	1,004,566	1,034,085
Employment (employees)	25,155	46,221	133,279	239,015	203,592
Total Effect					
Production (K €)	788,669	1,406,092	4,217,884	7,949,526	7,221,015
Added Value (K €)	137,936	330,489	1,043,678	2,104,220	2,126,030
Employment (employees)	35,989	79,561	223,519	401,671	363,749

PRO-MEMORIAM	2010	2011-2020	2021-2030	2031-2040	2041-2050
GDP Morocco (K €) (*)	76,694,200	92,033,040	110,439,648	132,527,578	159,033,093
Total Effect (A.V.) / GDP	0.18%	0.36%	0.95%	1.59%	1.34%
Employment (personnes)	10,551,306	10,656,819	10,763,387	10,871,021	10,979,731

() Growth rate estimated 4% for GDP and 1% for Employment*

SCENARIO 3.- “EXPORT”

PRODUCTION	2010	2020	2030	2040	2050
Direct Effect					
Production (K €)	494,937	848,207	2,138,096	3,602,674	2,557,310
Added Value (K €)	58,010	155,021	433,533	824,371	709,411
Employment (employees)	6,589	20,240	34,497	49,005	36,243
Indirect Effect					
Production (K €)	243,214	549,033	1,531,015	2,830,684	2,245,739
Added Value (K €)	58,010	155,021	433,533	824,371	709,411
Employment (employees)	23,343	49,261	130,902	222,935	161,419
Total Effect					
Production (K €)	738,152	1,397,240	3,669,111	6,433,357	4,803,048
Added Value (K €)	116,020	310,041	867,065	1,648,743	1,418,822
Employment (employees)	29,932	69,501	165,398	271,940	197,662
INDUCED DEMAND	2010	2020	2030	2040	2050
Direct Effect					
Production (K €)	34,829	74,737	211,190	353,545	280,030
Added Value (K €)	15,562	32,616	91,302	148,034	108,128
Employment (employees)	4,245	9,079	23,038	34,693	23,755
Indirect Effect					
Production (K €)	15,688	30,830	94,941	178,655	163,667
Added Value (K €)	6,354	11,426	35,564	69,725	67,636
Employment (employees)	1,812	2,551	7,081	12,243	9,897
Total Effect					
Production (K €)	50,517	105,568	306,131	532,199	443,697
Added Value (K €)	21,916	44,043	126,866	217,759	175,764
Employment (employees)	6,057	11,629	30,118	46,936	33,652
TOTAL (PRODUCTION+INDUCED DEMAND)	2010	2020	2030	2040	2050
Direct Effect					
Production (K €)	529,766	922,944	2,349,287	3,956,218	2,837,339
Added Value (K €)	73,572	187,637	524,834	972,406	817,539
Employment (employees)	11,127	32,783	63,796	95,395	74,871
Indirect Effect					
Production (K €)	258,903	579,863	1,625,956	3,009,338	2,409,406
Added Value (K €)	64,364	166,447	469,097	894,096	777,047
Employment (employees)	25,155	51,812	137,982	235,178	171,315
Total Effect					
Production (K €)	788,669	1,502,807	3,975,242	6,965,557	5,246,745
Added Value (K €)	137,936	354,084	993,931	1,866,502	1,594,586
Employment (employees)	35,989	81,130	195,517	318,876	231,314

PRO-MEMORIAM

	2010	2011-2020	2021-2030	2031-2040	2041-2050
GDP Morocco (K €) (*)	76,694,200	92,033,040	110,439,648	132,527,578	159,033,093
Total Effect (A.V.) / GDP	0.18%	0.38%	0.90%	1.41%	1.00%
Employment (personnes)	10,551,306	10,656,819	10,763,387	10,871,021	10,979,731

() Growth rate estimated 4% for GDP and 1% for Employment*

SCENARIO 4.- “EXPORT SMART”

PRODUCTION	2010	2020	2030	2040	2050
Direct Effect					
Production (K €)	494,937	960,142	2,774,759	5,062,800	4,413,082
Added Value (K €)	58,010	172,214	541,126	1,103,882	1,124,927
Employment (employees)	6,589	29,256	77,388	144,636	151,455
Indirect Effect					
Production (K €)	243,214	602,146	1,876,093	3,701,157	3,491,328
Added Value (K €)	58,010	172,214	541,126	1,103,882	1,124,927
Employment (employees)	23,343	52,445	150,438	268,979	227,341
Total Effect					
Production (K €)	738,152	1,562,288	4,650,852	8,763,956	7,904,410
Added Value (K €)	116,020	344,427	1,082,251	2,207,764	2,249,853
Employment (employees)	29,932	81,701	227,826	413,615	378,796
INDUCED DEMAND	2010	2020	2030	2040	2050
Direct Effect					
Production (K €)	34,829	88,510	283,266	515,155	480,167
Added Value (K €)	15,562	38,627	122,461	215,703	185,407
Employment (employees)	4,245	10,752	30,900	50,551	40,733
Indirect Effect					
Production (K €)	15,688	36,512	127,343	260,320	280,641
Added Value (K €)	6,354	13,532	47,701	101,597	115,976
Employment (employees)	1,812	3,021	9,497	17,839	16,970
Total Effect					
Production (K €)	50,517	125,022	410,609	775,475	760,808
Added Value (K €)	21,916	52,159	170,163	317,300	301,383
Employment (employees)	6,057	13,773	40,397	68,390	57,703
TOTAL (PRODUCTION+INDUCED DEMAND)	2010	2020	2030	2040	2050
Direct Effect					
Production (K €)	529,766	1,048,652	3,058,025	5,577,955	4,893,250
Added Value (K €)	73,572	210,841	663,587	1,319,584	1,310,334
Employment (employees)	11,127	43,473	114,550	206,883	207,061
Indirect Effect					
Production (K €)	258,903	638,658	2,003,436	3,961,477	3,771,969
Added Value (K €)	64,364	185,746	588,827	1,205,479	1,240,902
Employment (employees)	25,155	55,466	159,935	286,818	244,310
Total Effect					
Production (K €)	788,669	1,687,310	5,061,461	9,539,431	8,665,218
Added Value (K €)	137,936	396,586	1,252,414	2,525,064	2,551,236
Employment (employees)	35,989	95,474	268,223	482,005	436,499

PRO-MEMORIAM	2010	2011-2020	2021-2030	2031-2040	2041-2050
GDP Morocco (K €) (*)	76,694,200	92,033,040	110,439,648	132,527,578	159,033,093
Total Effect (A.V.) / GDP	0.18%	0.43%	1.13%	1.91%	1.60%
Employment (personnes)	10,551,306	10,656,819	10,763,387	10,871,021	10,979,731

() Growth rate estimated 4% for GDP and 1% for Employment*

SCENARIO 5. "EXPORT CSP"

PRODUCTION	2010	2020	2030	2040	2050
Direct Effect					
Production (K €)	494,937	796,520	1,881,931	3,164,332	2,283,680
Added Value (K €)	58,010	145,616	383,844	736,241	652,950
Employment (employees)	6,589	23,745	37,577	52,604	38,714
Indirect Effect					
Production (K €)	243,214	511,545	1,327,527	2,468,941	2,007,079
Added Value (K €)	58,010	145,616	383,844	736,241	652,950
Employment (employees)	23,343	46,204	112,463	192,242	142,322
Total Effect					
Production (K €)	738,152	1,308,065	3,209,458	5,633,274	4,290,759
Added Value (K €)	116,020	291,232	767,689	1,472,482	1,305,900
Employment (employees)	29,932	69,949	150,039	244,846	181,036
INDUCED DEMAND	2010	2020	2030	2040	2050
Direct Effect					
Production (K €)	34,829	73,701	200,496	335,370	272,158
Added Value (K €)	15,562	32,164	86,678	140,424	105,088
Employment (employees)	4,245	8,953	21,871	32,909	23,087
Indirect Effect					
Production (K €)	15,688	30,403	90,134	169,470	159,067
Added Value (K €)	6,354	11,268	33,763	66,141	65,735
Employment (employees)	1,812	2,516	6,722	11,613	9,618
Total Effect					
Production (K €)	50,517	104,104	290,630	504,840	431,224
Added Value (K €)	21,916	43,432	120,442	206,564	170,823
Employment (employees)	6,057	11,468	28,593	44,523	32,706
TOTAL (PRODUCTION+INDUCED DEMAND)	2010	2020	2030	2040	2050
Direct Effect					
Production (K €)	529,766	870,221	2,082,427	3,499,702	2,555,838
Added Value (K €)	73,572	177,780	470,523	876,665	758,038
Employment (employees)	11,127	37,007	66,748	99,077	78,740
Indirect Effect					
Production (K €)	258,903	541,948	1,417,660	2,638,412	2,166,146
Added Value (K €)	64,364	156,884	417,608	802,382	718,685
Employment (employees)	25,155	48,720	119,185	203,856	151,941
Total Effect					
Production (K €)	788,669	1,412,169	3,500,088	6,138,114	4,721,984
Added Value (K €)	137,936	334,664	888,130	1,679,047	1,476,723
Employment (employees)	35,989	81,418	178,633	289,369	213,742

PRO-MEMORIAM	2010	2011-2020	2021-2030	2031-2040	2041-2050
GDP Morocco (K €) (*)	76,694,200	92,033,040	110,439,648	132,527,578	159,033,093
Total Effect (A.V.) / GDP	0.18%	0.36%	0.80%	1.27%	0.93%
Employment (personnes)	10,551,306	10,656,819	10,763,387	10,871,021	10,979,731

() Growth rate estimated 4% for GDP and 1% for Employment*

SCENARIO 6.- “EXPORT – PV”

PRODUCTION	2010	2020	2030	2040	2050
Direct Effect					
Production (K €)	494,937	801,050	1,891,708	3,309,554	2,104,428
Added Value (K €)	58,010	142,483	367,339	729,120	579,988
Employment (employees)	6,589	23,516	28,899	50,616	32,300
Indirect Effect					
Production (K €)	243,214	499,092	1,323,063	2,514,507	1,844,166
Added Value (K €)	58,010	142,483	367,339	729,120	579,988
Employment (employees)	23,343	43,519	109,789	191,739	134,872
Total Effect					
Production (K €)	738,152	1,300,142	3,214,770	5,824,061	3,948,595
Added Value (K €)	116,020	284,967	734,679	1,458,240	1,159,976
Employment (employees)	29,932	67,034	138,688	242,355	167,173
INDUCED DEMAND	2010	2020	2030	2040	2050
Direct Effect					
Production (K €)	34,829	72,425	165,005	303,384	223,831
Added Value (K €)	15,562	31,607	71,335	127,031	86,428
Employment (employees)	4,245	8,798	18,000	29,771	18,988
Indirect Effect					
Production (K €)	15,688	29,877	74,178	153,307	130,821
Added Value (K €)	6,354	11,073	27,787	59,832	54,062
Employment (employees)	1,812	2,472	5,532	10,506	7,910
Total Effect					
Production (K €)	50,517	102,302	239,183	456,691	354,652
Added Value (K €)	21,916	42,680	99,121	186,864	140,490
Employment (employees)	6,057	11,270	23,532	40,276	26,898
TOTAL (PRODUCTION+INDUCED DEMAND)	2010	2020	2030	2040	2050
Direct Effect					
Production (K €)	529,766	873,475	2,056,713	3,612,938	2,328,259
Added Value (K €)	73,572	174,091	438,674	856,151	666,416
Employment (employees)	11,127	37,157	53,025	93,422	69,078
Indirect Effect					
Production (K €)	258,903	528,969	1,397,241	2,667,815	1,974,987
Added Value (K €)	64,364	153,556	395,126	788,953	634,050
Employment (employees)	25,155	45,991	115,321	202,245	142,783
Total Effect					
Production (K €)	788,669	1,402,444	3,453,954	6,280,752	4,303,246
Added Value (K €)	137,936	327,647	833,800	1,645,104	1,300,466
Employment (employees)	35,989	78,304	162,220	282,631	194,071

PRO-MEMORIAM

	2010	2011-2020	2021-2030	2031-2040	2041-2050
GDP Morocco (K €) (*)	76,694,200	92,033,040	110,439,648	132,527,578	159,033,093
Total Effect (A.V.) / GDP	0.18%	0.36%	0.75%	1.24%	0.82%
Employment (personnes)	10,551,306	10,656,819	10,763,387	10,871,021	10,979,731

() Growth rate estimated 4% for GDP and 1% for Employment*

SCENARIO 7.- “EXPORTS – WIND”

PRODUCTION	2010	2020	2030	2040	2050
Direct Effect					
Production (K €)	494,937	1,067,852	2,830,264	4,958,956	4,114,536
Added Value (K €)	58,010	195,368	567,118	1,103,824	1,077,717
Employment (employees)	6,589	20,346	22,535	42,425	37,283
Indirect Effect					
Production (K €)	243,214	696,566	2,092,024	3,943,784	3,608,124
Added Value (K €)	58,010	195,368	567,118	1,103,824	1,077,717
Employment (employees)	23,343	62,264	182,311	316,504	265,578
Total Effect					
Production (K €)	738,152	1,764,418	4,922,287	8,902,740	7,722,660
Added Value (K €)	116,020	390,737	1,134,237	2,207,647	2,155,433
Employment (employees)	29,932	82,610	204,847	358,930	302,861
INDUCED DEMAND	2010	2020	2030	2040	2050
Direct Effect					
Production (K €)	34,829	90,368	233,265	422,598	378,357
Added Value (K €)	15,562	39,438	100,845	176,948	146,095
Employment (employees)	4,245	10,977	25,446	41,469	32,096
Indirect Effect					
Production (K €)	15,688	37,279	104,865	213,549	221,136
Added Value (K €)	6,354	13,816	39,281	83,344	91,385
Employment (employees)	1,812	3,085	7,821	14,634	13,372
Total Effect					
Production (K €)	50,517	127,647	338,129	636,148	599,493
Added Value (K €)	21,916	53,254	140,126	260,291	237,480
Employment (employees)	6,057	14,062	33,266	56,103	45,468
TOTAL (PRODUCTION+INDUCED DEMAND)	2010	2020	2030	2040	2050
Direct Effect					
Production (K €)	529,766	1,158,220	3,063,528	5,381,554	4,492,893
Added Value (K €)	73,572	234,806	667,963	1,280,771	1,223,812
Employment (employees)	11,127	33,998	51,101	91,412	80,698
Indirect Effect					
Production (K €)	258,903	733,845	2,196,888	4,157,333	3,829,261
Added Value (K €)	64,364	209,185	606,400	1,187,167	1,169,102
Employment (employees)	25,155	65,348	190,132	331,138	278,949
Total Effect					
Production (K €)	788,669	1,892,065	5,260,416	9,538,887	8,322,153
Added Value (K €)	137,936	443,991	1,274,363	2,467,939	2,392,914
Employment (employees)	35,989	96,671	238,113	415,032	348,328
PRO-MEMORIAM	2010	2011-2020	2021-2030	2031-2040	2041-2050

GDP Morocco (K €) (*)	76,694,200	92,033,040	110,439,648	132,527,578	159,033,093
Total Effect (A.V.) / GDP	0.18%	0.48%	1.15%	1.86%	1.50%
Employment (personnes)	10,551,306	10,656,819	10,763,387	10,871,021	10,979,731

() Growth rate estimated 4% for GDP and 1% for Employment*

A DYNAMIC COMPUTABLE GENERAL EQUILIBRIUM MODEL TO ESTIMATE THE ECONOMIC IMPACTS OF RES INSTALLATION IN MOROCCO

Abdelamid El Bouhadi, Lahcen Oulaj, Idriss El Abbassi, Said Tounsi et Ayache Khellaf
Université Mohamed V, FSJES, Rabat-Agdal

TECHNICAL INTRODUCTION AND MODEL DEFINITION

Computable general equilibrium (CGE) models have become a standard tool of empirical economic analysis. In recent years, improvements in model specification, data availability, and computer technology have improved the payoffs and reduced the costs of policy analysis based on CGE models, paving the way for their widespread use by policy analysts throughout the world.

The model developed for Morocco and used in this study is a recursive dynamic model in the sense that the evolution of the model over time is a sequence of connected single period equilibria. It is disaggregated into several economic sectors. It is used for the analysis of the impact of economic policies at several levels. It allows to estimate the cost or the gain which would generate an economic policy on the economic agents, on one hand, and on the activities of production, consumption, savings and investment, on the other hand. The model determines also the direct and indirect mechanisms by which the economic policies impact households income, consumption, transfers and savings and captures consequently, the effects on the distribution of income.

The construction of the model rests on the social accounting matrix (SAM) which is disaggregated to 20 sectors. On this basis, variables are generated for the income of the agents, for factors of production, for the activities of production (value added, production, intermediate consumption, investment and stock variation), variables of distribution of income, variables of foreign trade (imports and exports) etc. The institutional economic agents, retained in the model, are Households, Firms, the Government and the Rest of the World.

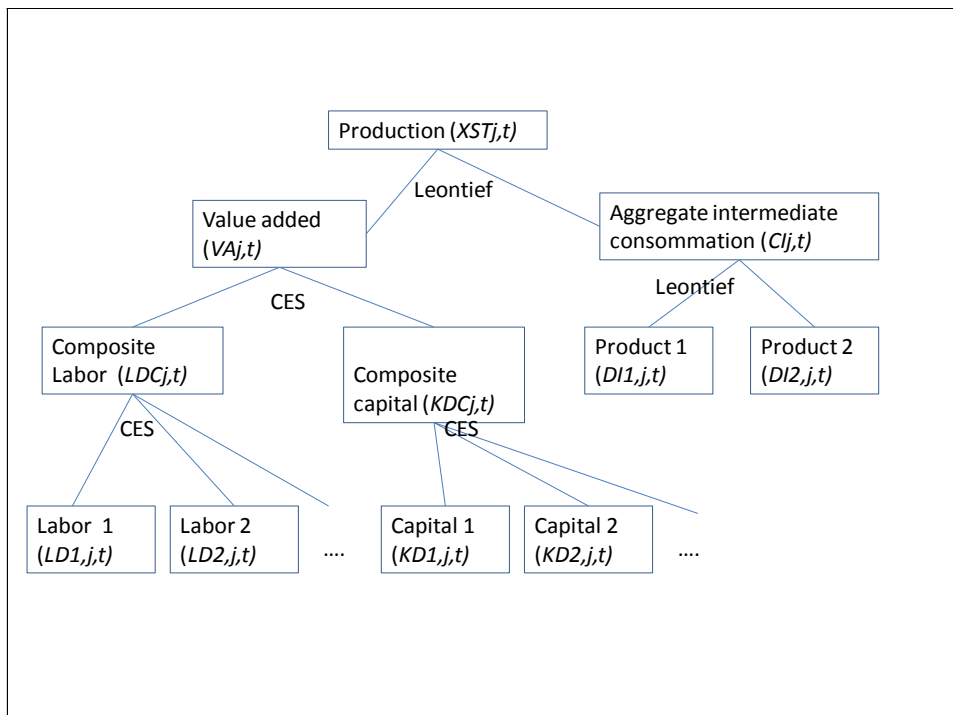
The model is built on simultaneous equations among which many are not linear. These equations reflect not only the structure of the economy which is described by the SAM,

but also translate the behavior of the agents who intervene within the economy. They are grouped in seven big blocks of equations:

- The block of production equations;
- The block of equations of income and savings of economic agents;
- The block of equations of taxes (direct and indirect);
- The block of equations of foreign trade;
- The block of demand equations;
- The block of price equations;
- The block of equilibrium equations.

As the model is recursive, it can be described in two parts. First, the static component with its single equilibria and second, the dynamic component. The starting point of the static component is the neoclassical model. Each producer is assumed to maximize profit, the difference between total revenue and factor costs plus intermediate input, subject to a production technology. The production function is of the type Leontief between the value added and intermediate consumption. The activities value added is determined as constant elasticity of substitution (CES) function between factors of production (capital and labor). Labor is disaggregated according to three levels of qualification, low, medium and highly qualified.

The demand of factors of production is determined by a process of optimization. Every producer, represented by an activity, maximizes its profit under constraint of the technology of production which he uses, while it considers the prices of goods and services and factors as given (price-taking behavior). The profit of the producer is defined as being the difference between the value received from the production, estimated at the producer price, and the cost of the factors of production which he uses. The following chart describes the nested structure of production.



At the top level the sectoral output of each productive activity j combines value added and total intermediate consumption in fixed shares. In other words, the two aggregate inputs are considered to be strictly complementary, without any possibility of substitution, following a Leontief production function. At the second level, each industry's value added consists of composite labor and composite capital, following a constant elasticity of substitution (CES) specification.

Profit maximization (or cost minimization) by the firms leads them to employ labor and capital to the point where the value marginal product of each is equal to its price (the wage rate and the rental rate of capital respectively). Such behavior is described by the demand for labor relative to capital in a CES production function. At the bottom level on the value added side, the various categories of labor are combined following a constant elasticity of substitution (CES) technology, which reflects the imperfect substitutability between different types of labor. The firm chooses its labor composition so as to minimize its labor cost given the relative wage rates.

Likewise, composite capital is a CES combination of the different categories of capital. As in the case of labor, it is assumed that different categories of capital are imperfect substitutes. Finally, returning to the second level, but on the intermediate consumption side, aggregate intermediate consumption is made up of various goods and services.

Here it is assumed that intermediate inputs are perfectly complementary, and are combined following a Leontief production function.

Each of the agents who intervene in the economy is endowed with an income which results either from factors of production which they rent to the other agents, or from transfers received on behalf of the other economic agents or from foreign trade activities income.

Household incomes come from three sources: labor income, capital income, and transfers received from other agents. Households receive a fixed share of the earnings of each type of labor. Likewise, total capital income is distributed between agents, including households, in fixed proportions. Finally, transfer income is simply the sum of all transfers received by households. Subtracting direct taxes and households transfers to government yields households disposable income. Whatever disposable income is left after savings and transfers to other agents is entirely dedicated to consumption. Finally, households savings are a linear function of disposable income.

Business income consists, on one hand, of its share of capital income, and, on the other hand, of transfers received from other agents (including the transfer part of interest on consumer debt). Deducting business income taxes from total income yields the disposable income of each type of business. Likewise, business savings are the residual that remains after subtracting transfers to other agents from disposable income.

The government has three sources of income. The first one is based on the return on capital held by public institutions. The second is constituted by the direct taxes levied on households' income and excise duties on production activities, on one hand, and on products on the other hand. The third source is from transfers received from the other agents.

The Government uses its income to cover the totality or a part of its public spending, to pay transfers to the other economic agents, to subsidize certain activities of production and to subsidize certain products. The rest constitutes its savings.

Foreign trade is based on the hypothesis of an Argmington behavior which stipulates that imports are imperfectly substitutable to domestically produced goods. The same reasoning is reserved for producers. Indeed, these last ones have the choice between selling locally or exporting.

The consumption behavior in the model is based on a Cobb-Douglas utility function, that is with elasticity equal to one and constant returns. Consumers maximize their utility from the basket of goods which they consume under their budget constraint, that is their disposable income. This process of optimization allows to determine the budgetary weight to assign to the purchase of every product.

The model rests on a system of prices which consists of 13 types of price. We distinguish the price which receive the producers for the sale of their products, the price which they receive for the sale on the local market, the price they receive for exporting, the market price, the price of the composite products, the international prices of imported and exported products and the payment for factors of production.

Whether it be for the goods and services market or the factor market, supply and demand equilibrium must be verified. Thus, the equilibrium equations of the model define the equilibrium between the supply and demand of each commodity on the domestic market. They also ensure the equilibrium between total demand for each factor and available supply. Likewise, total investment expenditure must be equal to the sum of agents' savings. Also, the sum of the different forms of investment expenditure must be equal to total investment. The sum of supplies of every commodity by local producers must be equal to domestic demand for that commodity produced locally. And finally, supply to the export market of each good must be matched by demand.

GDP at basic prices is equal to payments made to factors, plus taxes on production other than taxes on labor or capital already included in factor costs. On the other hand, GDP at market prices from the final demand perspective is the sum of net final expenditures: household consumption, current public expenditures on goods and services, investment expenditures, plus the value of exports, minus the value of imports. As for GDP at market prices from the income perspective, it is equal to the sum total of income paid to labor and to capital, plus taxes on products and imports, plus other taxes on production.

In developing the Neo-classical model, we extend it by adding the dynamic components, which are based on the link from one period to the next. They fall into two categories: one set of statements update variables that grow at a constant rate per period; the other equations control the accumulation of capital.

The model doesn't ignore the fact that population grows over time. There is a population index $popt$, growing each period at a rate nt , which is possibly variable from

one period to the next. This index is used in the model to update the values of variables and parameters that are assumed to grow at that rate. Several constants in the model are also assumed to grow at the same rate nt as the population index $popt$. Labor supply is a variable that is assumed to grow at the same rate as the population index $popt$, as a result of population growth, or a shift in the participation rate, or a combination of both.

The capital accumulation rule is given by the equation that the stock of capital in period $t + 1$ is equal to the stock of the preceding period, minus depreciation, plus the volume of new capital investment in the preceding period. The underlying time-structure is therefore that new capital comes on-line one period after the investment has been made. The amount of investment determines the rate of capital growth. Investment, on the other hand, is determined by its rate of return. The database of 20 by 20 sectors and industries is the initial data source, which then changes every year when the end of the year database becomes the beginning of the year database for the next year, as in a recursive model.

Capital is expected to grow annually and the rate of growth is equal to net investment defined as the rate of investment at the beginning of the year less the rate of depreciation for that year. The rate of depreciation in this model is assumed to be 5 percent.

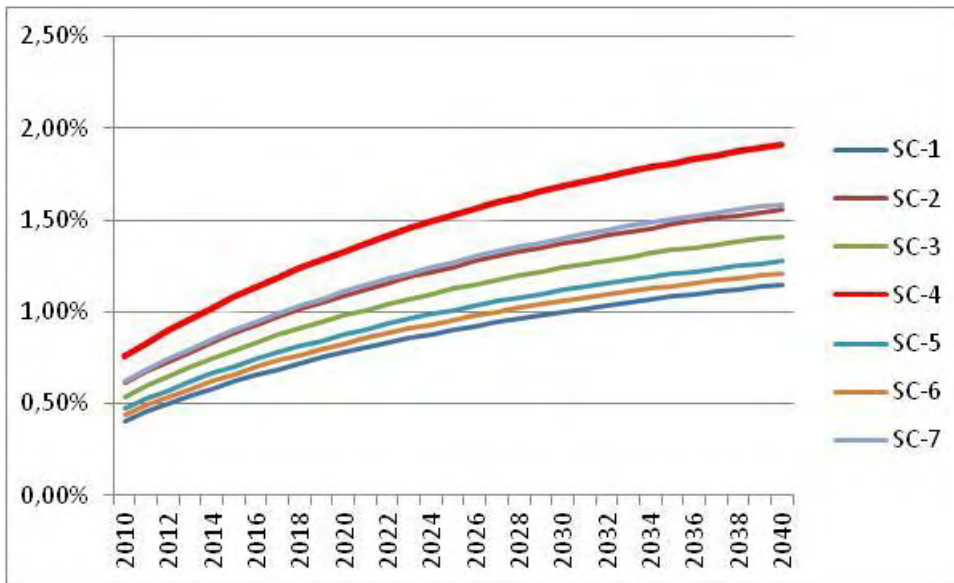
SIMULATION RESULTS

The scenarios simulated by the DCGE model are the same seven scenarios that were designed for the Input-output model. Our goal is to complete the analysis of those scenarios by assessing their socioeconomic impact. While the Input-output model was used to measure the impact of a changing structure of the economy, especially the energy sector, it doesn't give the whole story about the impact of this change on the whole economy. On the other hand, the limit of the CGE model is that it assumes a fixed structure of the economy, but can give a complete story of the transmission mechanism of an economic policy. So we tried to use the DCGE model in a complementary way to the Input-output model to assess the energy policy in Morocco.

To accomplish this, we took as input in the DCGE model and simulate the increase in energy investment estimated in the dynamic IO model for the seven different scenarios of the previous section. As a result, with a permanent increase in the energy capacity, there is an increase in real GDP due to permanent improvement across industry which

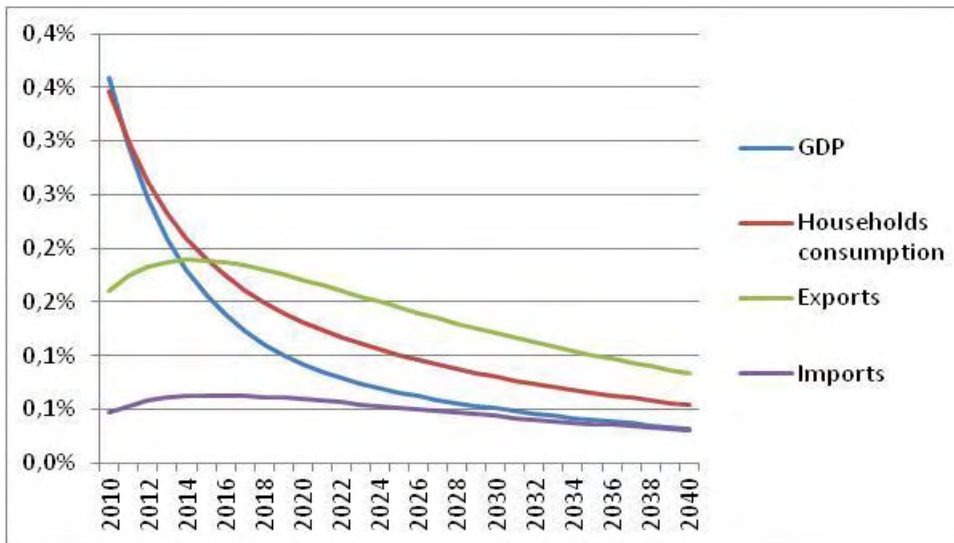
can have a very significant effect on the economy. In general all the price indices decrease and the greatest percentage reduction in price is in the energy sector, while other sectors follow closely. As shown in the following graph, the highest improvement in value added is in scenario 4. Although the other scenarios will realize lower value added in comparison to scenario 4, they also have the same positive impact on the economy, but at a lower level. So in order not to be redundant, we will focus more on the scenario 4 to assess its impact on the economy.

Figure 1 : Gain in value added (in percentage of GDP)



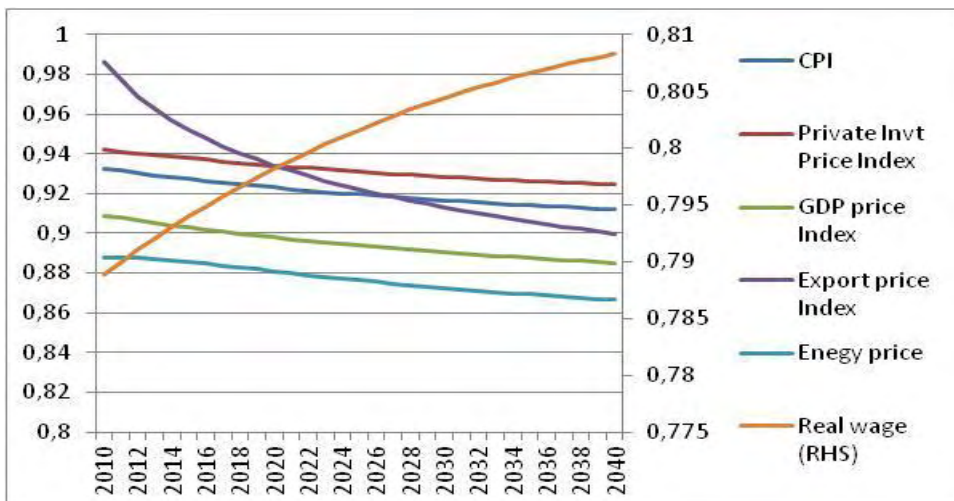
All the macroeconomic indicators show an increase and their interpretation should be made in comparison to a base scenario without capacity increase in energy and where we assume that the economy is growing at 4%. For example, real GDP growth being higher by 0.4% in the first years would mean that the potential growth will increase with the increase in energy capacity. This is also true for the other macroeconomic indicators such as households consumption, exports and imports. As we can see from the graph below the economy over time will converge to a higher steady state as the costs of production will lower, especially of energy and this will push all the prices to be lower as we can see in figure 3. This additional impact reduces progressively in percentage points, as a result of a “base – effect” resulting of the comparison of a similar value of the impact over a greater GDP value.

Figure 2 : Evolution of some macroeconomic indicators



Various price indices, such as CPI, the export price index, the GDP price index, the investment price index, all decrease, thus driving up real wages, real GDP and other commodities' output. The greatest percentage reduction in price is in the energy, while other sectors follow closely. This demonstrates that the permanent improvement across industry resulting from lower energy costs, can have a very significant effect on the economy.

Figure 3 : Prices and real wage evolution



Following the decrease in prices and real wage increase, household's consumption and savings will also increase which can also indicate on the improvement of their wellbeing. Indeed, if we sum up the gains during the whole period from 2010 to 2040, household's total income will be higher by 0.9% in comparison to the reference scenario. This gain is coming mainly from the increase of labor income which will be higher by 1.71%. Also their savings will be higher by 1%. The same is true for government savings which will increase by 3.8%, due to the improvement of the government receipts from different taxes following the improvement in the economy. Thus the total government revenue will be higher by 0.64%.

Table : Government gains

	Percentage gain
Corporate Tax	0,91%
Direct taxes on households	0,85%
Indirect Taxes	0,73%
Import Taxes	0,20%
Production Taxes	1,14%
Government Savings	3,8%
Government Revenue	0,64%

CONCLUSION

The CGE modeling has given a brief idea of the socioeconomic gains due to investment in energy in Morocco. Our analysis supports the results of the Input-output model and tried to give a complementary assessment by shedding light on the different components of the economy and the interactions between them. The model can be extended further by relaxing some assumptions and further disaggregation. Overall, we find convincing evidence that, if Morocco can invest more in energy, this could lower the cost of production and could have significant positive effects on the Moroccan economy and at the same time improve the wellbeing of its population.

ANNEX: Model equations

$$1. VA_j = B1_j(\delta1_j F_{K,j}^{-\rho_1} + (1 - \delta1_j) F_{LT,j}^{-\rho_1})^{-\frac{1}{\rho_1}}$$

$$- \rho_1 \quad \rho_1 = \frac{1 - \sigma_1}{\sigma_1}$$

$$2. F_{LT,j} = B2_j(\delta2_j F_{LB,j}^{-\rho_2} + (1 - \delta2_j) F_{LQ,j}^{-\rho_2})^{-\frac{1}{\rho_2}}$$

$$- \rho_2 \quad \rho_2 = \frac{1 - \sigma_2}{\sigma_2}$$

$$3. F_{LQ,j} = B3_j(\delta3_j F_{LM,j}^{-\rho_3} + (1 - \delta3_j) F_{LH,j}^{-\rho_3})^{-\frac{1}{\rho_3}}$$

$$- \rho_3 \quad \rho_3 = \frac{1 - \sigma_3}{\sigma_3}$$

$$4. F_{LT,j} = \left(\frac{1 - \delta1_j}{\delta1_j}\right)^{\sigma_1} \left(\frac{W_{k,j}}{W_{LT,j}}\right)^{\sigma_1} F_{K,j}$$

$$5. F_{LQ,j} = \left(\frac{1 - \delta2_j}{\delta2_j}\right)^{\sigma_2} \left(\frac{W_{LB,j}}{W_{LQ,j}}\right)^{\sigma_2} F_{LB,j}$$

$$6. F_{LH,j} = \left(\frac{1 - \delta3_j}{\delta3_j}\right)^{\sigma_3} \left(\frac{W_{LM,j}}{W_{LH,j}}\right)^{\sigma_3} F_{LM,j}$$

$$7. CI_j = i o_j X S_j$$

$$8. DI_{pr,j} = a_{pr,j} CI_j$$

$$9. X S_j = v_j VA_j$$

$$10. Y_h^p = \sum_l \sum_j w_{l,j} F_{l,j} + \lambda_h \sum_j w_{k,j} F_{k,j}$$

$$11. Y_h^s = Y_h^p + \sum_z TR_{h,z}$$

$$12. Y_h^d = Y_h^s - IR_h - \sum_z TR_{z,h}$$

$$13. S_h = \phi_h Y_h^d$$

$$14. Y_e = \lambda_e \sum_j w_{k,j} F_{k,j} + \sum_z TR_{e,z}$$

$$15. S_e = Y_e - IR_e - \sum_z TR_{z,e}$$

16. $Y_G = \sum_s \sum_j I_{s,j} + \sum_z IR_z + \sum_z TR_{G,z} + \lambda_G \sum_j w_{k,j} F_{k,j}$
17. $S_G = Y_G - G - \sum_z TR_{z,G} - \sum_j Sb1_j - \sum_{pr} Sb2_{pr}$
18. $Y_{RM} = e \sum_{pr} Pwm_{pr} M_{pr} + \sum_z TR_{RM,z}$
19. $S_{RM} = Y_{RM} - e \sum_{pr} Pwe_{pr} EX_{pr} - \sum_z TR_{z,RM}$
20. $I_{at1,j} = tx_{at1,j} (w_{k,j} F_{k,j} + w_{LT} F_{LT,j})$
21. $I_{asb1,j} = tx_{sb1,j} (w_{k,j} F_{k,j} + w_{LT} F_{LT,j})$
22. $I_{tva,pr} = tx_{tva,pr} [\sum_j Pl_j DD_{j,pr} + ePwm_{pr} (1 + tx_{tm,pr}) M_{pr}]$
23. $I_{at2,pr} = tx_{at2,pr} [\sum_j Pl_j DD_{j,pr} + ePwm_{pr} (1 + tx_{tm,pr}) M_{pr}]$
24. $I_{sb2,pr} = tx_{sb2,pr} \sum_j Pl_j DD_{j,pr}$
25. $I_{tm,pr} = tx_{tm,pr} (ePwm_{pr} M_{pr})$
26. $XS_j = B_j^e \left[\beta_j^e Ex_j^{-\kappa_j^e} + (1 - \beta_j^e) Dl_j^{-\kappa_j^e} \right]^{\frac{-1}{\kappa_j^e}}$
27. $Dl_j = Ex_j \left[\frac{1 - \beta_j^e Pe_j}{\beta_j^e Pl_j} \right]^{\tau_j^e}$
28. $DD_{j,pr} = d_{j,pr} Dl_j$
29. $Q_{pr} = A_{pr}^m \left[\alpha_{pr}^m M_{pr}^{-\rho_{pr}^m} + (1 - \alpha_{pr}^m) Dc_{pr}^{-\rho_{pr}^m} \right]^{\frac{-1}{\rho_{pr}^m}}$
30. $M_{pr} = Dc_{pr} \left[\frac{\alpha_{pr}^m Pd_{pr}}{1 - \alpha_{pr}^m Pm_{pr}} \right]^{\sigma_{pr}^m}$
31. $Dc_{pr} = \sum_j DD_{j,pr}$
32. $C_{pr,h} = CD_{pr,h} \frac{(y_h^d - CTR - S_h)}{Pc_{pr}}$
33. $DI_{pr,j} = a_{pr,j} CI_j$
34. $GT = \sum_{pr} Pc_{pr} G_{pr}$

35. $In_{pr} = \mu_{pr} \frac{IT}{Pc_{pr}}$
36. $pd_{pr} = \sum_j Pl_j DD_{j,pr} [(1 + tx_{tva,pr} + tx_{at2,pr} + tx_{ds2,pr}) / Dc_{pr}]$
37. $Pm_{pr} = ePw_{pr} (1 + tx_{am,pr}) (1 + tx_{tva,pr} + tx_{at2,pr} + tx_{tr,pr})$
38. $Pc_{pr} = \frac{Pm_{pr}M_{pr} + Pd_{pr}Dc_{pr}}{Q_{pr}}$
39. $Pe_j = ePwe_j$
40. $P_j = \frac{Pl_j Dl_j + Pe_j Ex_j}{XS_j}$
41. $w_{k,j} = \left(\frac{Pva_j VA_j}{1 + tx_{at1,j} + tx_{sb1,j}} - w_{LT} F_{LT,j} \right) \frac{1}{F_{k,j}}$
42. $w_{LT} = \frac{(w_{LB} F_{LB} + w_{LQ} F_{LQ})}{F_{LT}}$
43. $w_{LQ} = \frac{(w_{LM} F_{LM} + w_{LH} F_{LH})}{F_{LQ}}$
44. $Q_{pr} = \sum_h C_{pr,h} + G_{pr} + DIT_{pr} + In_{pr} + VS_{pr}$
45. $IT_{pr} = \sum_z FI_z$
46. $FdT_l = FS_l$