



CLIMATE CHANGE AND ENERGY IN THE MEDITERRANEAN

CHANGEMENT CLIMATIQUE ET ENERGIE EN MEDITERRANEE



Plan Bleu

Centre d'Activités Régionales

Sophia Antipolis

Juillet 2008

Etude réalisée sous la direction d'Henri-Luc THIBAUT, Directeur du Plan Bleu

Etude coordonnée par Stéphane QUEFELEC, responsable des activités énergie/climat, Plan Bleu.

Ont contribué à cette étude :

Yves TOURRE, Patrick VAN GRUNDERBEECK de Médias France; Houda ALLAL, Habib ELANDALOUSIE, Thomas NIESOR et Jean-Loup ROUYER de l'OME ; Frédéric BLANC de l'Institut de la Méditerranée/FEMISE ; Stéphane POUFFARY et Charlotte COLLEUX de l'ADEME, Cellule Expertise Internationale pour la Maîtrise de l'Energie ; Rafik MISSAOÛI, Consultant -Tunisie ; Nejb OSMAN de l'ANME-Tunisie ; Rafik Y. GEORGY et Adel T. SOLIMAN consultants -Egypte ; Henri BOYE, Elisabeth COUDERT, Céline GIMET, Silvia LARIA, Patrice MIRAN, Jean de MONTGOLFIER, Roméo PRENGERE, et Gaëlle THIVET, du Plan Bleu.

Ont participé au Comité de pilotage de cette étude :

Ms Anca-Diana BARBU, Programme Manager, Energy and environment, European Environment Agency; Mr Filippo GIORGI, The Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics ; Mr Magdi IBRAHIM, Coordinateur des programmes d'environnement et de développement durable ENDA Maghreb; Mr Antoine-Tristan MOCILNIKAR, Ministère de l'Environnement, du Développement et de l'Aménagement Durables (MEDAD/France), Mr Roberto VIGOTTI, Président du Comité « Energies renouvelables et développement durable » de l'OME.



Synthèse

La Méditerranée, en particulier la rive Sud et Est, est et sera plus touchée par le changement climatique que la plupart des autres régions du monde au cours du 21^{ème} siècle.

Les impacts de la hausse des températures, la diminution des précipitations, l'augmentation du nombre et de l'intensité des événements extrêmes et la hausse possible du niveau de la mer se superposent et amplifient les pressions liées aux activités humaines déjà existantes sur l'environnement naturel.

A travers, la question cruciale de la raréfaction des ressources en eau, leurs effets devraient avoir des conséquences lourdes au cours du 21^{ème} siècle sur les activités humaines, en particulier sur l'agriculture, la pêche, le tourisme, les infrastructures, les zones côtières urbanisées ou encore la production d'hydroélectricité. Afin de minimiser autant que possible les dégâts et les pertes économiques, de nombreuses options d'adaptation devront être identifiées et mises en place.

L'énergie se trouve au cœur de la problématique du changement climatique. D'une part, c'est le principal secteur émetteur de gaz à effet de serre, et, les émissions de CO₂ dans le futur pourraient augmenter bien plus vite que la moyenne mondiale. D'autre part, la production hydro-électrique, relativement importante dans certains pays (13% de la production d'électricité dans les PSEM), est contrainte par le climat de même que le refroidissement des centrales. Enfin la demande d'énergie (en particulier d'électricité), en très forte hausse dans la région pourrait encore s'accroître du fait de demandes supplémentaires nécessaires pour pallier les effets du changement climatique (dessalement de l'eau, climatisation des bâtiments...etc.).

Développer à grande échelle les énergies renouvelables et donner la priorité à l'efficacité énergétique pour maîtriser la croissance de la demande, les émissions de CO₂ et desserrer les contraintes énergétiques est aujourd'hui une opportunité économique pour les PSEM. Les coûts de la non action montrent qu'investir aujourd'hui dans ce domaine peut produire des bénéfices économiques de l'ordre de 30 milliards à l'horizon relativement proche de 2015 (avec un baril à 120 USD). En outre, économiser une TEP (tonne équivalent pétrole) coûte de 4 à 5 fois moins que mobiliser une TEP supplémentaire d'énergie fossile.

Dans les PSEM, en plein développement, de nombreuses possibilités d'anticipation existent pour les 7 à 10 prochaines années pour à la fois maîtriser la hausse des consommations, la croissance des émissions de CO₂ et diminuer la vulnérabilité du secteur de l'énergie.

L'option de l'efficacité énergétique (EE) est possible immédiatement et présente le rapport coût/efficacité le plus élevé, en particulier dans le secteur du bâtiment (eau chaude sanitaire, éclairage basse consommation, isolation des bâtiments), mais aussi celui de l'industrie et du transport.

L'option des énergies renouvelables (ER) est également réalisable immédiatement, en parallèle, pour certaines filières. A terme, la filière solaire présente un intérêt particulier tant au niveau national que pour le développement d'un marché euro-méditerranéen de l'électricité renouvelable.

L'accélération de la pénétration du gaz naturel et/ou la rénovation des centrales les plus anciennes sont également des solutions pour réduire les émissions de CO₂. D'autres options comme celles de la capture et du stockage du carbone pour pallier les émissions liées à l'utilisation du charbon pour la production électrique apparaissent encore très coûteuses, incertaines et ne verront probablement pas de développement à grande échelle dans les PSEM à l'horizon 2020-2025.

Enfin, les choix, en particulier dans le secteur de « l'eau », de l'urbanisme, du tourisme (transport, organisation spatiale, bâtiments) détermineront les croissances futures de consommation d'énergie et la vulnérabilité de la région face au changement climatique. Ils ne peuvent plus se traiter indépendamment des questions énergétiques.

A ce jour, compte tenu des contraintes et des incertitudes tant climatiques qu'énergétiques et de la croissance de la demande d'énergie dans les PSEM, le renforcement du rôle des ER et de l'EE dans tous les secteurs devient une nécessité plutôt qu'un choix.

CONTENT

PART I - Climate change in the Mediterranean: scientific knowledge, impacts and green house gas emissions / Changement climatique en Méditerranée: connaissances scientifiques, impacts et émissions de gaz à effet de serre **1**

PART I - Chapter 1 <i>Mediterranean Basin: Climate change and impacts during the 21st Century</i>	1
PARTIE 1 - Chapitre 1 <i>Le bassin méditerranéen : les changements climatiques et les impacts au cours du 21^{ème} siècle</i>	4
PART I-Chapter 2 <i>Review of the Economic Literature on Impacts of Climate Change in the Southern Mediterranean Countries (SMCs)</i>	7
PARTIE I – Chapitre 2 <i>Une revue de la littérature économique sur l'impact du changement climatique dans les pays du sud de la Méditerranée</i>	8
PART I- Chapter 3 <i>Carbon Dioxide emissions from energy use in the Mediterranean economies: trends and pattern</i>	10
PARTIE I – Chapitre 3 <i>Les tendances et la structure des émissions de CO₂ issues de l'énergie dans les économies méditerranéennes</i>	12

PART II - Mitigation of climate change: toward a low carbon energy sector / Atténuation du changement climatique : vers un secteur de l'énergie à faible émission **14**

PART II – Chapter 4 <i>Energy in the Mediterranean: Situation and outlook</i>	14
PARTIE II – Chapitre 4 <i>Energie en Méditerranée: Situation et perspectives</i>	14
PART II – Chapter 5 <i>Economic simulation of energy development strategies in the Southern countries of the Mediterranean : Egypt, Morocco, Tunisia</i>	18
PARTIE II - Chapitre 5 <i>Simulation économique de stratégies énergétiques dans les Pays de la rive sud de la Méditerranée : Egypte, Maroc, Tunisie</i>	19
PART II – Chapter 6 <i>Renewable energy and rational energy use in the South and East Mediterranean countries: current situation and outlook</i>	21
PARTIE II – Chapitre 6 <i>Énergies renouvelables et utilisation rationnelle de l'énergie dans les pays du Sud et de l'Est de la Méditerranée : situation et perspectives</i>	22
PART II – Chapter 7 A <i>How much does cost the change of scenario toward a low carbon energy sector? TUNISIA</i>	25
PARTIE II – Chapitre 7 A <i>Combien coûte un scénario moins émetteur de gaz à effet de serre ? TUNISIE</i>	26
PART II – Chapter 7 B <i>How much does cost the change of scenario toward a low carbon energy sector? EGYPT</i>	27
PARTIE II – Chapitre 7 B <i>Combien coûte un scénario moins émetteur de gaz à effet de serre ? EGYPTE</i>	29
PART II – Chapter 8 <i>The Electricity sector challenges, related CO₂ emissions and potential solutions</i>	31
PARTIE II – Chapitre 8 <i>Le défi du secteur de l'électricité, les émissions de CO₂ liées et les solutions potentielles</i>	32

Part III- Vulnerability of, impact on and adaptation of the energy system / Vulnérabilité du, impacts sur et adaptation du secteur de l'énergie **35**

PART III- Chapter 9 <i>Wooded lands, climate change and energy in the Mediterranean</i>	35
PARTIE III- Chapitre 9 <i>Espaces boisés, changement climatique et énergie en Méditerranée</i>	36
PART III- Chapter 10 <i>Water for energy/energy for water and climate change in the Mediterranean</i>	38
PARTIE III- Chapitre 10 <i>Eau/énergie, Énergie/eau et changement climatique en Méditerranée</i>	39
PART III- Chapter 11 <i>Cross cutting challenges: energy/tourism/ cities and climate change</i>	41
PARTIE III- Chapitre 11 <i>Défis intersectoriels: énergie/tourisme, villes/énergie et changements climatique</i>	43

MAIN FINDINGS OF EACH CHAPTER / MESSAGES CLES DE CHAQUE CHAPITRE

PART I - CLIMATE CHANGE IN THE MEDITERRANEAN: SCIENTIFIC KNOWLEDGE, IMPACTS AND GREEN HOUSE GAS EMISSIONS / CHANGEMENT CLIMATIQUE EN MEDITERRANEE: CONNAISSANCES SCIENTIFIQUES, IMPACTS ET EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE

PART I - Chapter 1

Mediterranean Basin: Climate change and impacts during the 21st Century

Changed in the far distant past and in recent period:

In the Mediterranean, the far distant past has witnessed some major climatic changes (with temperatures which could on average be 8°C below current ones (20, 000 years ago) or 1 - 3°C higher (6,000 years ago). Landscape, fauna and flora and coastal layout were very different depending on the period (due to variations in sea level of several tens of metres). These developments took hundreds if not thousands of years.

The current situation, however, and the one expected to prevail over coming years is marked by the speed of the changes coming about. This factor amplifies the expected impact since relatively rapid developments give ecosystems or societies no chance to acclimatise and gradually adapt. Moreover, we are witnessing meteorological events on an unprecedented scale. In June and July 2007, for example, two extreme heat-waves struck south-eastern Europe, with daily highs of over 40°C/104°F even climbing to 45°C/113°F in Bulgaria.

During the 20th century, air temperature in the Mediterranean basin was observed to have risen by 1.5-4°C depending on the sub-region. Over the same period and with clear acceleration since 1970, temperatures in south-western Europe (Iberian peninsula, south of France) rose by almost 2°C. The same warming effect can also be seen in North Africa, albeit more difficult to quantify given the more patchy nature of the observation system.

Some uncertainties but a set of consensus making the Mediterranean a climate change “hot spot” for the 21 century:

Uncertainty about regional climate forecasts in the Mediterranean basin for the 21st century can largely be attributed to the fact that numerical methods and disaggregation techniques differ from one regional model to the next. Similarly, uncertainty regarding the multiplicity of areas affected is due to the fact that interaction and retroaction between the ‘sphere’ components (physical systems) comprising the climate (including the biosphere) are highly complex.

The conclusions drawn by climate specialists converge, however, on several points of general consensus:

- Even if the European Union’s objective of not exceeding a global average temperature increase of 2°C is met, temperature increases in the Mediterranean are likely to be above 2°C and, because of the ecological and socio-economic characteristics of the areas, the

impact will be more marked than in many other regions of the world; The Mediterranean has thus been qualified as the « hot spot for climate change» (Giorgi, 2007).

- A general decrease in average rainfall is expected throughout the Mediterranean basin.
- The most vulnerable areas of the Mediterranean are the north African ones bordering on the desert areas, the major deltas (Nile, Po and Rhone, for example), the coastal zones (both Northern and Southern shores) as well as socially vulnerable areas and those with rapid demographic growth (southern and eastern banks, dense towns and suburbs) (IPCC AR4, 2007).
- The impact of climate change on the environment is already noticeable in the Mediterranean, and is already producing observable effects on human activity.
- Given the uncertainty previously referred to, more optimistic or more pessimistic scenarios (breakdown scenarios with abrupt and rapid change) around the central ones presented here are not to be ruled out.

Thus a consensus has been reached on temperature increase and precipitation decrease in the MB as a whole.

- According the 4th IPCC Report under the scenario A1B, air temperature will increase between 2.2°C and 5.1°C in the Southern Europe and Mediterranean region if the 2080-2099 period is compared to that of 1980-1999 (with some sub-regions differences).
- The same projections assume a decrease for the precipitations between 4 and 27% in the Southern Europe and Mediterranean region (while the Northern Europe region will record an increase between 0 and 16%). An increase of drought periods (associated to land degradation) being declined by an high number of days recording more than 30°C is also expected (Giannakopoulos and al. 2005).
- Extreme event such as heat waves, drought or floods could be more frequent and stronger.
- As for the sea level trend/change there is still a need for longer time-series from satellite altimetry and for an improved in-situ tide-gauge network to attain robust conclusions. Only a few climatological studies estimate that a mean 35 cm sea level increase could occur during the 21st century.

Water at the heart of the main expected impacts of climate change on the natural environment in the Mediterranean, which are:

- Water: A rapid change in the water cycle due to increased evaporation and less rainfall;
- Soil: A drop in water storage capacity (because of changes in porosity as a result of temperature change, making it drier), accelerated desertification which is already underway (soil over-use and depletion);
- Land and marine biodiversity (animal and plant): A northwards and altitude shift of certain species, extinction of the most climate-sensitive or less mobile species and the appearance of new ones;
- Forests: increased fire hazard and risk of parasites;

- Living beings: animal and human health issues due to repeated thermal stress (heat-waves) and the possible appearance of infectious and parasitic disease in areas not usually affected to date.

Impacts with major direct physical consequences for human activity

Since these impacts add to and intensify the pressures which already exist on the natural environment, their effects are therefore expected to become even more marked over the 21st century which will have major direct physical consequences for human activity.

The water issue, already central to sustainable development concerns in the Mediterranean (particularly to the South) because it is so scarce, will be a key factor through which the effects of climate change on human activity are expected to spread.

The main human activities and areas directly affected by the effects of climate change in the Mediterranean are:

- **Agriculture and fisheries:** Agricultural and fishing yields are expected to drop (as a result of the accumulated conditions related to temperature, rainfall, the state of the soil and the behaviour of animal and plant species). In Morocco, for example, the Cropwat model (FAO, 2001) applied to winter cereal crops under 3rd IPCC report scenarios show yield decreases by 2020 in the order of 10% for a normal year and 50% for a dry one and a 30% drop in national production. In a drier, hotter climate, crops will require more water. It can also be presumed that if fish populations change (through species migration and/or changes to the food chain) to the benefit of species of sub-tropical origin, this will in turn profoundly affect catch value and quantity.
- **Tourism:** The climate is an essential component in the choice of tourist destination. If heat-waves and summer temperatures increase, creating problems with water resources, the Mediterranean regions could end up becoming less attractive than more northern climes. Some estimates suggest that 1°C of warming by 2050 could drive tourist numbers on the southern shores down by 10%.
- **The coastal zones:** Greater exposure of infrastructure to wave action and coastal storms could be cited as one of the most serious effects. The same problems will be faced by port installations (Alexandria, La Golette), lagoon areas (Venice), and deltas (Nile, Rhone). The costliest effects for infrastructure will be the ones related to extreme, intense but short-lived events.
- **Energy:** The energy production sector is the industrial activity most physically affected by the effects of climate change. One consequence of increased hydric stress coupled with the increased frequency of extreme climatic events would be a drop in hydro-electric potential and the cooling potential of thermal plants (reduced yield). The probable increase in the number of extreme events would entail re-scaling or modification (e.g.: dams designed for much higher peak flows than is currently the case ...).

The Mediterranean basin can thus be seen as a “laboratory” for assessing vulnerability and impact of climate change and for introducing adaptation and emission reducing measures.

PARTIE 1 - Chapitre 1

Le bassin méditerranéen : les changements climatiques et les impacts au cours du 21^{ème} siècle

Des changements marqués dans les passés lointain et récent

En Méditerranée, des passés lointains ont connu des évolutions climatiques importantes (avec des températures pouvant être en moyenne de 8°C inférieures à aujourd'hui (il y a 20 000 ans) ou bien supérieures de 1 à 3°C (il y a 6000 ans). Selon les périodes, les paysages, la faune et la flore, le découpage des côtes (du à des variations du niveau de la mer de plusieurs dizaines de mètres) ont été très différents. Ces évolutions se sont étalées sur plusieurs centaines, voire milliers d'années.

En revanche, la situation actuelle et celle attendue dans les prochaines années est caractérisée par la rapidité des taux de changements. Ce facteur rend plus important l'ampleur des impacts anticipés car les évolutions relativement rapides ne permettent pas une acclimatation et une adaptation progressive des écosystèmes et des sociétés. En outre, on observe des événements météorologiques d'ampleur jamais enregistrée jusqu'ici. Par exemple, en juin et juillet 2007, deux vagues de chaleur extrême ont frappé le sud-est de l'Europe, où les maxima quotidiens, qui étaient supérieurs à 40°C/104°F et ont atteint 45°C/113°F en Bulgarie.

Depuis 1970, le sud-ouest de l'Europe (péninsule ibérique, sud de la France) a connu un réchauffement de près de 2°C (GIEC 2007). Ce réchauffement est également perceptible sur le nord de l'Afrique même s'il est plus difficilement quantifiable du fait d'un réseau d'observation moins complet.

Des incertitudes mais des consensus pour le 21^{ème} siècle faisant de la région un « hot spot du changement climatique »

Les incertitudes sur les projections régionales du climat au 21^{ème} siècle dans le bassin méditerranéen sont essentiellement dues au fait que les méthodes numériques et techniques de désagrégation ne sont pas les mêmes pour tous les modèles régionaux. Les incertitudes sur les multiples domaines impactés sont elles dues au fait que les interactions et rétroactions entre les composantes des 'sphères' (systèmes physiques) qui composent le climat (y compris la biosphère) sont très complexes.

Cependant, les conclusions des spécialistes du climat convergent vers un certain nombre de consensus généraux :

- même si l'objectif de l'Union Européenne de ne pas dépasser, une hausse globale moyenne des températures de 2°C est atteint, en Méditerranée, les hausses de températures seront vraisemblablement supérieures à 2°C et, du fait des caractéristiques écologiques et socio-économiques de la zone, les impacts seront plus importants que dans de nombreuses autres régions du monde; Ainsi, la Méditerranée a été qualifiée de « hot spot du changement climatique » (Giorgi, 2007).
- une diminution générale des précipitations moyennes sur l'ensemble du bassin méditerranéen est attendue.
- les zones méditerranéennes les plus vulnérables sont celles de l'Afrique du Nord voisines des zones désertiques, les grands deltas (ceux du Nil, du Pô et du Rhône par exemple), les zones côtières (rive Nord comme rive Sud du bassin) ainsi que les zones à forte croissance démographique et vulnérables socialement (rive Sud et Est, villes denses et banlieues) (GIEC AR4, 2007).

- les impacts du changement climatique sur l'environnement sont déjà sensibles en Méditerranée, eux-mêmes ayant d'ores et déjà des effets observés sur les activités humaines.
- Compte tenu des incertitudes mentionnées précédemment, des scénarios plus pessimistes (scénarios de rupture avec des changements brutaux et rapides) ou plus optimistes autour des scénarios centraux présentés ici sont tout de même possibles.

Un consensus a été atteint concernant les hausses de températures et les baisses de précipitations sur l'ensemble du BM :

- Selon le 4^{ème} rapport du GIEC, sous scénario A1B, la température de l'air connaîtra une augmentation d'entre 2,2C° et 5,1C° pour les pays de l'Europe du Sud et de la région méditerranéenne si on compare la période 2080 – 2099 avec la période 1980 – 1999 (avec quelques différences selon les sous régions).
- Les mêmes projections donnent une baisse considérable de la pluviométrie comprise entre -4 et -27% pour les pays de l'Europe du Sud et de la région méditerranéenne (alors que les pays du Nord de l'Europe connaîtront une hausse comprise entre 0 et 16%). Une augmentation des périodes de sécheresse (associées à la dégradation des terres) se traduisant par une fréquence élevée des jours au cours desquels la température dépasserait 30°C est également prévue (Giannakopoulos et al. 2005).
- Les événements extrêmes de type vagues de chaleur, sécheresses ou inondations pourraient être plus fréquents et violents.
- Quant à l'évolution du niveau de la mer, des séries temporelles plus longues à partir de données d'altimétrie satellitaire, ainsi qu'une amélioration du réseau in situ de mesures des marées, sont encore nécessaires afin de pouvoir arriver à des conclusions solides. Quelques études climatologiques seulement estiment que le niveau de la mer pourrait monter d'une moyenne de 35 cm au cours du 21^{ème} siècle.

L'eau au cœur des principaux impacts du changement climatique sur l'environnement naturel en Méditerranée, se traduisant notamment par :

- L'eau : Une modification rapide du cycle de l'eau du fait de la hausse de l'évaporation et de la diminution des précipitations ;
- Les sols : Une diminution de la capacité de stockage des eaux (du fait de la modification de leur porosité suite au changement de température les rendant plus secs), l'accélération des phénomènes de désertification d'ores et déjà existants (sur-utilisation et appauvrissement des sols) ;
- La biodiversité terrestre et marine (animale et végétale) : Un déplacement vers le nord et en altitude de certaines espèces, l'extinction des espèces plus sensibles au climat ou moins mobiles et l'apparition de nouvelles espèces ;
- Les forêts : une hausse du risque d'incendie et des risques parasitaires ;
- Les êtres vivants: des problèmes de santé animale et humaine du fait de stress thermiques répétés (vagues de chaleur) et une éventuelle apparition de maladies infectieuses et parasitaires en des lieux inhabituels jusque là.

Des impacts lourds de conséquences pour les activités humaines

Ces impacts se rajoutent et amplifient les pressions déjà existantes sur l'environnement naturel, leurs effets devraient donc avoir des conséquences d'autant plus lourdes au cours du 21ème siècle qui auront elle-même de lourdes conséquences physiques directes sur les activités humaines

La question de l'eau, d'ores et déjà centrale dans les préoccupations de développement durable en Méditerranée (en particulier au Sud) du fait de sa rareté, sera un facteur clef par lequel les effets du changement climatiques sur les activités humaines doivent se propager.

Les activités humaines et les zones impactées directement par les effets du changement climatique en Méditerranée concernent principalement :

- **L'agriculture et la pêche** : Une diminution des rendements agricoles et halieutiques est attendue (du fait des conditions cumulées de températures, précipitations, état des sols et des comportements des espèces animales et végétales). Par exemple, au Maroc, le modèle Cropwat (FAO, 2001) appliqué aux cultures hivernales de céréales sous scénarii 3ème rapport du GIEC montre des baisses de rendement de l'ordre de 10% en année normale et de 50% en année sèche d'ici 2020 et une production nationale en baisse de 30%. Les besoins en eau des espèces cultivées augmenteront avec un climat plus sec et plus chaud. On peut aussi supposer que si les peuplements de poissons changent (du fait de migrations d'espèces et/ou de modification dans la chaîne alimentaire) au profit d'espèces d'origine subtropicale la valeur et les quantités de prises seront profondément modifiées.
- **Le tourisme** : Le climat est une composante essentielle du choix de la destination pour les touristes. Si les vagues de chaleur et les températures estivales augmentent avec des problèmes de ressources en eau, l'attractivité des régions méditerranéennes pourrait diminuer au profit de régions plus septentrionales. Certaines estimations retiennent qu'un réchauffement de 1°C à l'horizon 2050 pourrait déboucher sur une diminution de 10% de la fréquentation touristique sur la rive Sud.
- **Les zones côtières** : Parmi les impacts les plus sérieux, on peut citer des expositions plus importantes des infrastructures à l'action des vagues et tempêtes côtières. Les mêmes problèmes se poseront pour les installations portuaires (Alexandrie, La Goulette), les zones lagunaires (Venise), et les deltas (Nil, Rhône). En ce qui concerne les infrastructures les impacts les plus coûteux seront ceux associés aux événements extrêmes, intenses et de courtes durées.
- **L'énergie** : Parmi les activités industrielles, la production d'énergie est le secteur le plus impacté physiquement par les effets du changement climatique. Une conséquence de l'augmentation du stress hydrique couplée à l'occurrence plus fréquente d'évènements climatiques extrêmes consisterait en la réduction du potentiel hydro-électrique et de celui du refroidissement des centrales thermiques (diminution de rendements). Le plus grand nombre probable d'évènements extrêmes devraient nécessiter des redimensionnements ou modifications (ex : barrages dimensionnés pour des débits de pointe plus élevés qu'aujourd'hui).

Ainsi, le bassin méditerranéen peut-être considéré comme un "laboratoire du changement climatique" pour évaluer les vulnérabilités et les impacts du changement climatique et pour mettre en place des mesures d'adaptation et de réduction d'émissions.

PART I-Chapter 2

Review of the Economic Literature on Impacts of Climate Change in the Southern Mediterranean Countries (SMCs)

Based on the economic analyses available, certain cross-sector and sector-based economic costs for the Southern and Eastern Mediterranean Countries (SEMCs) were identified.

Although it appears that none of the studies has addressed specifically the potential climate-related economic impacts in this region, there may be found - in works encompassing all the countries of the world (global studies) or those that analyze certain sectors (such as agriculture, tourism, etc ...) - a few results relevant to the Middle East North Africa (MENA) region.

Global studies:

- They share a distant time-frame (2100-2200),
- Their quite disparate results hardly lend themselves to comparison, as they are closely dependent on the assumptions and methods selected,
- In spite of this, they all concur to the conclusion that: (i) beyond 2°C to 3°C, world economy will suffer considerable losses, (ii) the costs for the Southern Mediterranean region will be particularly high within the near future, and this, in view of the structure of their economy and their geographic exposure, and (iii) there will be observed, in the absence of any relevant measure, a widening of income gaps between the Northern countries, for which a rise in temperature below 2° creates new opportunities, and the Southern countries, which will bear a heavy toll.

More precise studies:

- The vulnerability of the Southern Mediterranean Countries (SMCs) to climate change varies according to the share of their economy that is sensitive to climate (agriculture, tourism, infrastructures, energy, and ecosystem). Accordingly, the costs of non-action are likely to be more significant for agricultural countries (Syria, Egypt, Morocco, and Tunisia): between 2 and 9% of the countries' agricultural GDP by 2050.
- Studies focusing on specific regions reveal that, for a 2,5°C increase in temperature, loss will be around 7% of GDP per capita in average for Africa (North Africa included) and around 4% for East Europe up to 2100 ((Nordhaus et al., 2000) (the upper cost in the range of estimate for the world). The location of the Mediterranean and those results let think that the Southern Mediterranean will be among the regions of the world most affected, and most rapidly, by the adverse impacts of climate variability.
- The main problem factor by which climate change will affecting all sectors of the economy is connected to the rarefaction of water resources.
- The interactions between the sectors and the chain of effects - which are not taken into consideration in the economic studies - may further add to the costs of non-action.

The economic analysis of adaptation in Mediterranean countries has been fairly limited to date. The cost of action is fairly unknown. The few sector elements available (agriculture, in particular) lead one to believe that appropriate measures investment (in timing and actions) to adapt and reduce vulnerability are likely to have a cost lower than the benefits (mitigation of damage) that they might yield. .

However, the capacity of adaptation of the Southern and Eastern Mediterranean Countries (SEMCs) is limited. Accordingly, both a coordination of the private and public sectors and the

role of international institutions are dominant in helping the region adapt to the new climate context. The issue of financing the actions remains a key question currently under discussion.

PARTIE I - Chapitre 2

Une revue de la littérature économique sur l'impact du changement climatique dans les pays du sud de la Méditerranée

A travers les analyses économiques existantes, certains coûts économiques globaux et sectoriels pour les pays des rives Sud et Est de la Méditerranée (PSEM), ont été identifiés.

Même s'il semble qu'aucune étude ne se soit interrogée spécifiquement sur les effets économiques possibles du climat dans cette région, il apparaît, au sein des travaux qui intègrent tous les pays du monde (études globales) ou qui analysent certains secteurs (agriculture, tourisme...), quelques résultats concernant la région Moyen-Orient Afrique du Nord.

Les études globales

- Elles ont comme point commun un horizon temporel lointain (2100-2200),
- Leurs résultats, très disparates, sont difficiles à comparer car ils sont très dépendants des hypothèses et des méthodes retenues,
- Malgré cela, elles convergent toutes pour conclure que : (i) Au-delà de 2°C à 3°C l'économie mondiale subira des pertes importantes, (ii) Les coûts pour la région du Sud de la Méditerranée seront particulièrement élevés dans un futur proche du fait de la structure de leur économie et de leur exposition géographique, (iii) On observera, si aucune mesure n'est prise, un creusement des écarts de revenu entre les pays du Nord pour lesquels une augmentation des températures inférieure à 2°C crée de nouvelles opportunités et les pays du Sud qui connaissent des dommages lourds

Les études les plus précises

- La vulnérabilité des pays du Sud de la Méditerranée au changement climatique varie en fonction de la part de leur économie sensible au climat (agriculture, tourisme, infrastructures, énergie, écosystème). Ainsi, les coûts de l'inaction pourraient être plus importants dans les pays agricoles (Syrie, Egypte, Maroc, Tunisie) : il est estimé entre 2 et 9% du PIB agricole des pays d'ici 2050 (Fisher et al., 2002).
- Les études plus ciblées géographiquement montrent que les pertes anticipées suite à une augmentation des températures de 2,5°C seront voisines de 7% du PIB par tête en moyenne pour l'Afrique (inclus l'Afrique du nord) et proches de 4% pour l'Europe de l'Est (Nordhaus et al., 2000) d'ici à 2100 (soit la fourchette haute des coûts estimés à l'échelle mondiale). Ces résultats laissent penser que la région Méditerranée sera une des zones dans le monde les plus touchées et le plus rapidement par les effets néfastes de la variation du climat.
- Le vecteur central par lequel les effets du changement climatique affecteront tous les secteurs de l'économie est lié à la raréfaction des ressources en eau.
- Les interactions entre les secteurs et les effets en cascade, qui ne sont pas pris en compte dans les études économiques pourraient alourdir encore plus le coût de l'inaction

L'analyse économique de l'adaptation dans les pays méditerranéens est relativement limitée à ce jour. Le coût de l'action est relativement peu connu. Les quelques éléments sectoriels disponibles (agriculture notamment) laissent penser que des investissements effectués suffisamment tôt et adéquates pour limiter les effets négatifs du changement climatique auraient un coût inférieur aux bénéfices (diminution des dommages) qu'ils pourraient procurer.

Cependant, la capacité d'adaptation des pays du Sud et de l'Est de la Méditerranée est limitée. Ainsi la coordination des secteurs privés et public et le rôle des Institutions internationales sont prépondérants pour aider la zone à s'adapter au nouveau contexte climatique. La question du financement des actions reste un problème central actuellement en débat.

PART I - Chapter 3

Carbon Dioxide emissions from energy use in the Mediterranean economies: trends and pattern

Future CO₂ emissions of the Mediterranean: towards a much greater contribution by the Southern Mediterranean Countries

Increase in CO₂ emissions is much faster in the SEMCs than in the NMCs. With 1393 MTCO₂ due to energy emitted in 2004, the NMCs report an 18% rise between 1990 and 2004. SEMCs emissions are of 663 MTCO₂, and they increased by 58% over the same period. This growth rate exceeds by twenty points the global rate. According to the baseline scenario, the share of the SEMCs in the emissions in question originating from the Mediterranean would be around 50% by 2020.

Contribution of the Mediterranean to CO₂ emissions: past responsibility resting mostly with the Northern rim

The 21 Mediterranean countries emitted, jointly, 7.4% of the aggregate world emissions of carbon dioxide related to energy use between 1850 and 2005. They emit today about 8% of these same global CO₂ emissions. The aggregate emissions of the Southern and Eastern Mediterranean Countries (SEMCs) since 1850 account for a mere 1.4% of the aggregate global emissions, and they emitted in 2005, less than 3% of the global CO₂ emissions due to energy. Thus, in 2005, the Northern Mediterranean Countries (NMCs) emitted approximately two thirds of the CO₂ emissions due to energy use for the whole Mediterranean basin. Per capita CO₂ emissions range from 2.6 t in the SEMCs, to 2.4 t in FEMIP countries (beneficiary of the Facility for Euro-Mediterranean Investment and Partnership), to 7.1 t in NMCs.

CO₂ due to energy use in the Southern Mediterranean: main source of GHG, these emissions are increasing at a faster pace than the global average

In 2000, 72% of the Mediterranean GHG emissions were due to CO₂ arising from energy use. This share reaches 77% in the NMCs and 64% in the SEMCs. These rates are higher than those related to the world situation. In the SEMCs, these CO₂ emissions are, indeed, rising at a faster pace than global emissions. The carbon intensity of the economies of the SEMCs (464 TCO₂/million dollars of GDP) and FEMIP countries reported a very slight decrease between 1990 and 2004. It is also worth noticing that the total past variation of CO₂ emissions since 1990 results above all in the NMCs from an increase in per capita wealth, while in the SEMCs, population growth is the main factor.

CO₂ emissions due to energy by sector and their evolution since 1990

- Emissions due to electricity and heating constitute the main sector of CO₂ emissions due to energy use in the Mediterranean (38% in 2004). This sector is, particularly in the SEMCs, the first contributor to the rise in emissions since 1990.
- Emissions of the transport sector are closely connected with the level of wealth. They are thus high in the NMCs where they account for 29% of the total emissions and where they constitute the main component of the rise in emissions. A decoupling of emissions with economic growth is observed neither in the SEMCs (+55% since 1990) nor even in the NMCs (+30%).
- The industry and construction sector (direct emissions) accounts for 20% of the CO₂ emissions due to energy in the SEMCs. Growth has been lower than in the two preceding sectors: + 11% in the NMCs and + 46% in the SEMCs between 1990 and 2004. However,

these emissions are on the increase, whereas at the same time the EU-27 has reported a marked drop in this type of emissions. The issue of emissions arising from cement factories in the SEMCs call for special attention.

- CO₂ emissions due to "other fuel combustions" arise mainly from direct combustion of fossil energy in the residential and commercial sector. These emissions are at 70% emitted by NMCs, but they are increasing more rapidly in the SEMCs (such is the case of Tunisia, with 20% of the total of its relevant CO₂ emissions and over 77 % between 1990 and 2004). As for fugitive CO₂ emissions in the Mediterranean, of which more than 50% originate from Algeria, they are steadily on the decrease. Simultaneously, methane emissions issuing from the same origin have strongly increased.

CO₂ emissions: a global stake and specific challenges

Thus, while the NMCs are faced with the need to immediately reduce their CO₂ emissions, for the SEMCs and the FEMIP beneficiary countries, the stake lies in achieving control over future emissions which will, themselves, depend on the extent of the anticipation mainstreamed in the development investments and choices made as of now. The key sectors which will determine the future emissions will be connected, in particular, with the building sector (construction, cement plants, trade, tertiary and residential) and with the use of electricity (particularly in buildings: heating, air conditioning, household appliances), as well as with those connected with transport (passenger and goods). If the investment and development options selected in matter of energy were to be identical with those prevailing over the past 30 years, and in view of the demographic and economic growth in the SEMCs, a very high rise in emissions would be likely to occur on the southern rim of the Mediterranean basin.

PARTIE I - Chapitre 3

Les tendances et la structure des émissions de CO₂ issues de l'énergie dans les économies méditerranéennes

Les futures émissions de CO₂ de la Méditerranée : vers une contribution beaucoup plus forte des pays de la rive Sud

La croissance des émissions de CO₂ est beaucoup plus rapide dans les PSEM que dans les PNM. Avec 1393 MTCO₂ issues de l'énergie émises en 2004, les PNM enregistrent une augmentation de 18% entre 1990 et 2004. Les émissions des PSEM sont de 663 MTCO₂ et ont augmenté de 58% sur la même période. Ce rythme de croissance dépasse de vingt points le rythme mondial. Selon le scénario de référence, la part des PSEM dans les émissions en question émanant de la Méditerranée pourrait approcher 50% en 2020.

La contribution de la Méditerranée aux émissions de CO₂ : des responsabilités passées localisées majoritairement sur la rive Nord

L'ensemble des 21 pays méditerranéens a émis 7,4 % des émissions mondiales cumulées de dioxyde de carbone liées à l'utilisation d'énergie entre 1850 et 2005. Ils émettent aujourd'hui environ 8% de ces mêmes émissions mondiales de CO₂. Les émissions cumulées des pays de la rive Sud et Est de la Méditerranée (PSEM) depuis 1850 représentent seulement 1,4% des émissions mondiales cumulées et ils ont émis en 2005, moins de 3% des émissions mondiales de CO₂ liées à l'énergie. Ainsi, en 2005, les pays de la rive Nord de la Méditerranée (PNM) ont émis environ les deux tiers des émissions de CO₂ issues de l'utilisation d'énergie de l'ensemble du bassin méditerranéen. Les émissions de CO₂ par tête varient de 2,6 t dans les PSEM, 2,4 t dans les pays « FEMIP » à 7,1t dans les PNM.

Le CO₂ issu de l'utilisation d'énergie au sud de la Méditerranée : principale source de gaz à effet de serre, ces émissions progressent plus rapidement que la moyenne mondiale

En 2000, 72% des émissions de GES méditerranéennes sont imputables au CO₂ lié à l'utilisation d'énergie. Cette part atteint 77% dans les PNM et 64% dans les PSEM. Ces proportions sont plus élevées que celles se rapportant à la situation mondiale. Dans les PSEM, ces émissions de CO₂ progressent en effet plus vite que les émissions mondiales. L'intensité carbone des économies des PSEM (464 TCO₂/millions dollars de PIB) et pays FEMIP a très faiblement baissé entre 1990 et 2004. Il est également intéressant de noter que la variation passée totale des émissions de CO₂ depuis 1990 résulte en priorité dans les PNM de l'augmentation de la richesse par habitant alors que dans les PSEM, la croissance de la population est le premier facteur.

Les émissions de CO₂ issues de l'énergie par secteur et leurs évolutions depuis 1990

- Les émissions issues de l'électricité et du chauffage représentent le premier secteur d'émissions de CO₂ issues de l'utilisation d'énergie en Méditerranée (38% en 2004). Ce secteur est, en particulier dans les PSEM, le premier contributeur à la hausse des émissions depuis 1990.
- Les émissions du secteur des transports sont fortement liées au niveau de richesse. Elles sont ainsi élevées dans les PNM où elles occupent 29% des émissions totales et où elles constituent la principale composante de la hausse des émissions. Le découplage de ces émissions avec la croissance économique ne s'observe ni dans les PSEM (+55% depuis 1990) ni même dans les PNM (+30%).
- Le secteur de l'industrie et de la construction (émissions directes) représente 20% des émissions de CO₂ issues de l'énergie dans les PSEM. La croissance a été plus faible que dans les deux précédents secteurs : +11% dans les PNM et +46% dans les PSEM entre 1990 et

2004. Cependant, ces émissions progressent alors que dans le même temps l'UE27 a connu un fort recul de ce type d'émissions. La question des émissions issues des cimenteries dans les PSEM devrait faire l'objet d'une attention particulière.

- Les émissions de CO₂ issues des « autres combustions de carburant » sont principalement le fait de la combustion directe d'énergie fossile par le secteur résidentiel et commercial. Ces émissions sont à 70% issues des PNM mais progressent plus vite dans les PSEM (c'est le cas de la Tunisie avec 20% du total de ses émissions de CO₂ qui s'y rapportent et +77% entre 1990 et 2004). Les émissions fugaces de CO₂ en Méditerranée, dont plus de 50% proviennent d'Algérie, sont quant à elles en baisse constante. Parallèlement, les émissions de méthane issues de la même origine ont fortement augmenté.

Les émissions de CO₂ : un enjeu mondial et des défis spécifiques

Ainsi, si les PNM sont confrontés à la nécessité de réduire immédiatement leurs émissions de CO₂, pour les PSEM et les pays bénéficiaires de la FEMIP, l'enjeu réside dans la maîtrise des émissions futures qui seront elles-mêmes déterminées par les degrés d'anticipation intégrée dans les investissements et les choix de développement effectués aujourd'hui. Les secteurs clefs qui détermineront les émissions futures en particulier liés au bâtiment (construction, cimenteries, commerce et tertiaire, résidentiel) et à l'utilisation d'électricité (notamment dans les bâtiments : chauffage, climatisation, équipements ménagers), ainsi que celles liées aux transports (passagers et marchandises). Si les options d'investissement et de développement retenues en matière d'énergie se font à l'image des 30 dernières années, et compte tenu de la croissance démographique et économique dans les PSEM, une très forte hausse des émissions est à prévoir dans la rive Sud.

PART II - MITIGATION OF CLIMATE CHANGE: TOWARD A LOW CARBON ENERGY SECTOR / ATTENUATION DU CHANGEMENT CLIMATIQUE: VERS UN SECTEUR DE L'ÉNERGIE À FAIBLE ÉMISSION

PART II - Chapter 4

Energy in the Mediterranean: Situation and outlook

The extension and updating of the Observatoire Méditerranéen de l'Énergie (OME) trend scenario (2007), based on an aggregate of the evolutions estimated by the countries and the major energy companies, reveal that primary energy demand in the Mediterranean basin will be 1.5 times higher in 2025 compared to 2006. Over the same period, the Southern and Eastern Mediterranean Countries (SEMCs) could experience growth rates of their energy demand four times higher than those of the Northern Mediterranean Countries (NMCs). Between 2006 and 2025, primary energy demand in the SEMCs—which are in full development process and whose population is increasing significantly—could thus multiply by 2.2. The SEMCs would, then, account for 42% of the total energy demand of the Mediterranean basin, as against 29% in 2006, the remainder being claimed by the NMCs.

In 2006, Turkey claimed 34% of the primary energy consumption of the SEMCs, which makes of it the largest energy consumer of the sub-region. Egypt ranks second, accounting for 23% of the consumption of the SEMCs. For the time frame 2025, Turkey is likely to gather weight (thus ascending to the rank of the second largest consumer basin-wide), by claiming 43% of the primary energy demand of the SEMCs.

Energy demand is marked by an exponential growth of demand on electricity, at a pace much faster than that of GDP, of primary energy consumption and of population, particularly in the SEMCs. For this set of countries, the demand is likely to multiply by 2.6 between 2006 and 2025, mainly due to a tripling of the consumptions of Turkey, Tunisia and Algeria, and a doubling up of the consumptions of Egypt and Morocco. The expected development of the industrial sector, improved access to electricity, and higher standards of living (directly connected with the consumption of the residential sector) are the reason for these consumption upsurges.

In 2006, fossil energies (oil, gas, coal) accounted for as much as 80% of the energy supply of the Mediterranean countries as a whole and 94% for the SEMCs alone (75% for the NMCs). Four countries are hydrocarbon-exporting (Algeria, Libya, Egypt and Syria) and supplied in 2005 some 22% and 35% of the oil and gas imports of the whole Mediterranean basin. All the other countries are net energy importers. By 2025, according to the OME trend scenario, the weight of fossil energies is likely to stabilise at equivalent levels. Natural gas will increasingly gain in weight and will be available in all the countries by 2009; it is likely to account for 37% of the primary energy demand in 2025 in the SEMCs. Coal persists, particularly for electricity production. The share of renewable energies (biomass excluded) would remain thin, passing from 2.8% of primary energy to 3% in the SEMCs (3 to 4.2% in the NMCs).

Final demand per sector reveals that in the NMC transport had reported the highest consumption growth for 30 years, thus posting 32% in 2005. In the SEMC, all sectors are significantly increasing their consumption, with industry and the residential sector being the largest consumers in 2005 (36 and 27%).

Such a trend scenario foretells increased risks and impacts:

- The CO₂ emissions due to energy consumption are likely to increase, between 2006 and 2025 by 55% in the NMCs and by 119% in the SEMCs. All in all, by 2025, the SEMCs are likely to emit almost as much as the NMCs (47% of the basin-wide CO₂ emissions) in absolute value, as against 33% in 2006. They would be emitting, however, in ton/inh. 56% less than the NMCs by 2025;
- The energy dependence of the importing countries would increase significantly and more rapidly for the importing SEMCs (passing from 77% in 2006 to 88% in 2025) than for the NMCs (passing from 68% to 73% over the same period);
- The social and economic risks connected with the rise in supply costs and its repercussions on the energy bill of the countries, households and enterprises are already acutely felt in the current context of generalised rise of the price of hydrocarbons and of price volatility.

Awareness of the need to ease the energy constraints and of the obvious nexus between environment and development in the Mediterranean is on the increase. It has been given concrete expression in the North via the adoption of drastic measures geared towards the development of energy efficiency, promotion of renewable energies and reduction of GHG emissions. On regional scale, and on the political level, the adoption, in November 2005, of the “Mediterranean Strategy for Sustainable Development” (MSSD) by the 21 countries and territories signatory of the Barcelona Convention for the protection of the Mediterranean Sea, stands as a major sign. Similarly, several regional projects are underway in various fields (energy efficiency, renewable energies . . .). Besides, on national level, several SEMCs tend to espouse an increasingly sober energy vision.

Thus, several options are available for several simultaneous actions: reduce CO₂ emissions, meet the services demand expected from energy, and secure supply.

These options, their feasibility in the SEMCs, their benefits and their costs are analysed in Parts 2 and 3 of this report.

PARTIE II - Chapitre 4

Energie en Méditerranée: Situation et perspectives

L’extension et la mise à jour du scénario tendanciel de l’OME (2007), basé sur l’agrégation des évolutions estimées par les pays et les grandes compagnies énergétiques, montre que, la demande d’énergie primaire dans le bassin méditerranéen sera multipliée par 1,5 entre 2006 et 2025. Sur la même période, les pays du Sud et de l’Est de la Méditerranée (PSEM) pourraient connaître des taux de croissance de leur demande énergétique quatre fois plus élevés que dans les pays du Nord de la Méditerranée (PNM). Entre 2006 et 2025, la demande d’énergie primaire dans les PSEM, qui sont en plein développement et dont la population augmente sensiblement, pourrait ainsi être multipliée par 2,2. Les PSEM représenteraient alors 42% de la demande d’énergie totale du bassin méditerranéen contre 29% en 2006, le reste étant absorbé par les pays de la rive Nord (PNM).

En 2006, la Turquie a absorbé 34% de la consommation d’énergie primaire des PSEM, ce qui en fait le plus gros consommateur d’énergie de la sous-région. L’Egypte se place deuxième, en représentant 23% de la consommation des PSEM. A l’horizon 2025, la Turquie pourrait accentuer son poids (devenant le second plus gros consommateur du bassin) en consommant 43% de la demande d’énergie primaire des PSEM.

La demande énergétique se caractérise par une croissance spectaculaire de la demande d'électricité beaucoup plus rapide que celle du PIB, de la consommation d'énergie primaire ou de la population, en particulier dans les PSEM. Pour ce groupe de pays, elle pourrait être multipliée par 2,6 entre 2006 et 2025, notamment du fait d'un triplement des consommations en Turquie, Tunisie et Algérie et un doublement en Egypte et au Maroc. Le développement attendu du secteur industriel, l'amélioration de l'accès à l'électricité et la hausse des niveaux de vie (directement liée à la consommation du résidentiel) sont la source de ces augmentations fulgurantes de consommation.

En 2006, les énergies fossiles (pétrole, gaz, charbon) dominent l'approvisionnement énergétique à 80% pour l'ensemble des pays méditerranéens et à 94% pour les seuls PSEM (75% pour les PNM). Quatre pays sont exportateurs d'hydrocarbures (Algérie, Libye, Egypte, Syrie) et fournissent en 2005 22% et 35% des importations de pétrole et de gaz de l'ensemble du bassin méditerranéen. Tous les autres pays sont importateurs nets d'énergie. D'ici à 2025, selon le scénario tendanciel de l'OME, le poids des énergies fossiles devrait se maintenir à des niveaux équivalents. Le gaz naturel prendra de plus en plus d'importance et sera disponible dans tous les pays d'ici à 2009 ; il pourrait atteindre 37% de la demande en énergie primaire en 2025 dans les PSEM. Le charbon résiste, en particulier pour la production d'électricité. La part des énergies renouvelables (biomasse non compris et hydraulique inclus) resterait limitée et passerait de 2,8% de l'énergie primaire à 3% dans les PSEM (de 3 à 4,2% dans les PNM). Pour les seules énergies renouvelables éoliennes, solaires et géothermiques ce chiffre est de 0,8% dans les PSEM (0,9% dans les PNM).

La demande finale par secteur montre que dans les PNM le transport a enregistré la plus forte croissance de consommation depuis 30 ans pour représenter 32% en 2005. Dans les pays du Sud, tous les secteurs augmentent fortement leur consommation et l'industrie et le résidentiel sont les plus gros consommateurs en 2005 (36 et 27%).

Un tel scénario tendanciel annonce une croissance des risques et des impacts :

- Les émissions de CO₂ issues de la consommation d'énergie devraient augmenter, entre 2006 et 2025 de 55% dans les PNM et de 119% dans les PSEM. Au final, en 2025, les PSEM pourrait émettre presque autant que les PNM (47% des émissions de CO₂ du bassin) en valeur absolue contre 33% en 2006. Ils émettraient cependant en tonne par habitant 56% moins que les PNM en 2025.
- La dépendance énergétique des pays importateurs pourrait s'accroître sensiblement et plus rapidement pour les PSEM importateurs (passant de 77% en 2006 à 88% en 2025) que pour les PNM (passant de 68% à 73% sur la même période).
- Les risques sociaux et économiques liés à la hausse des coûts d'approvisionnement et ses répercussions sur la facture énergétique des pays, des ménages et des entreprises sont déjà fortement ressentis dans le contexte actuel de hausse généralisée du prix des hydrocarbures et de la volatilité des cours.

La prise de conscience de l'importance de desserrer les contraintes énergétiques et de l'évidence des liens entre environnement et développement en Méditerranée est grandissante. Elle s'est notamment concrétisée au Nord par l'adoption de mesures drastiques pour le développement de l'efficacité énergétique, des énergies renouvelables et la réduction des émissions de gaz à effet de Serre. A l'échelle de la région, et au niveau politique l'adoption en novembre 2005, de la «Stratégie Méditerranéenne pour le Développement Durable» (SMDD) par les 21 pays et territoires signataires de la Convention de Barcelone pour la protection de la Mer Méditerranée constitue un signal fort. De même, plusieurs projets régionaux sont en cours dans différents domaines (maîtrise de l'énergie, énergies renouvelables ...). Par ailleurs, au niveau national plusieurs PSEM s'orientent également vers une plus grande sobriété énergétique.

Plusieurs options existent donc pour à la fois réduire les émissions de CO₂, faire en sorte que la demande de services attendue de l'énergie soit satisfaite et sécuriser les approvisionnements.

Ces options, leurs faisabilités dans les PSEM, leurs bénéfices et leur coût sont analysées tout au long des parties 2 et 3 de ce rapport.

PART II - Chapter 5

Economic simulation of energy development strategies in the Southern countries of the Mediterranean: Egypt, Morocco, Tunisia

In view of the trend-based evolution which would entail, for the three countries chosen (Egypt, Morocco, Tunisia), a rise by 52,6% of final consumption and by 76,7% of energy needs between 2005 and 2015, two types of scenarios based on the objectives of the MSSD are considered. A first series involves demand side actions of rational energy use. The second series is based on a greater recourse to renewable energies. The comparison between the trend-based evolution and the alternative scenarios helps evaluate the energy saving potential in terms of volume. This volume is, afterwards, appreciated in view of the evolution of the oil barrel price according to three assumptions: a falling trend causing the price per barrel to stand at 75\$ by 2015; a stabilisation trend with a price of 120\$ by 2015; a continuous rising trend causing the price to reach 175\$ by 2015.

The cost differential between the trend and the alternatives helps evaluate the cost of non action (“business as usual”) during the coming decade. It also evaluates the financial room for manoeuvre available for the countries to deploy alternative actions.

Aggregated results for simulation carried out for Morocco, Tunisia and Egypt show:

- It emerges that the greatest potential lies on the demand side, via actions of rational energy use. Actions targeted at the non industrial sectors, resulting in a fall by 10% of the current level of energy intensity (energy consumption to produce one unit of GDP), would allow an average annual drop in energy needs in the three countries in 2015 equivalent to 11.1% of the final consumption for 2005. Similar actions targeted at industries hold a potential of annual savings equivalent to 5%.
- As regards the development of renewable energies (RE), a rather modest effort putting up the share of RE amounting to 1% of consumption would—nevertheless—allow a gain in volume in the order of 1.4% of the consumption for 2005. A more significant effort putting up RE to 3% of consumption would, in this case, help towards the saving of a volume equivalent to 4.1% of the consumption for 2005.
- By combining these types of action, and according to the extent of the effort in matter of RE, the annual rate of savings made in energy volume would range between 17.6% and 20.2% of the final consumption for 2005. These are annual volumes ranging between 10 and 12 million toe, that is about two years of final consumption for a country like Tunisia. As to the volumes saved over the 10-year period as a whole, they are in the range of 49 to 54 million toes.
- According to the oil price trend, these non saved volumes, if the alternative strategies were deployed, would have heavy financial implications. For the last three years of the simulation (2013-2015), the cost of non action would range from:
 - (i) 14.4 to 16.2 billion dollars if the price per barrel fell to 75\$ (about the total amount of Moroccan exports in 2005);
 - (ii) 21.7 to 24.4 billion dollars if the price per barrel stabilized at 120\$; and
 - (iii) 30.3 to 34.1 billion dollars if the price per barrel were to steadily rise to 175\$ (about the amount of the aggregate exports of goods of Tunisia and Morocco in 2005).

- Lastly, the volumes likely to be saved based on the deployment of alternative actions will have an impact in terms of mitigation of climate change, via the CO₂ emissions avoided. Combining a rational energy use (REU) and a development of renewable energies (RE) in the three countries covered by this chapter would allow the avoidance, between 2006 and 2015, of the emissions of 190 to 209 million tons of CO₂ (that is the equivalent of the aggregate emissions of Egypt and Morocco for 2005). By 2015, the volume of emissions annually avoided would range between 39 and 46 million tons, that is between 17% and 19.8% of the emissions for 2005.

An extrapolation of the cumulated results for the 3 preceding countries shows that over the whole Southern rim, the aggregate for the whole actions would allow, as at 2015, an annual saving of 33.6 to 38.3 million toe and a decrease in CO₂ emissions in the range of 119 to 139 million tons. The annual return on the actions, as from 2015, would range, on regional level, from: (i) 18.5 to 21 billion dollars, with a barrel at 75\$; (ii) 29.5 to 33.7 billion dollars, with a barrel at 120\$; and (iii) 43.1 to 49.1 billion dollars, with a barrel at 175\$.

It is worth recalling, for the sake of information, that Tunisia's nominal GDP stood at 28.7 billion dollars in 2005 and that its CO₂ emissions due to energy use stood at about 20 million tons.

PARTIE II - Chapitre 5

Simulation économique de stratégies énergétiques dans les Pays de la rive sud de la Méditerranée : Egypte, Maroc, Tunisie

Face à l'évolution tendancielle qui impliquerait, pour les trois pays choisis (Egypte, Maroc, Tunisie) une hausse de 52,6% de la consommation finale et de 76,7% des besoins en énergie entre 2005 et 2015, deux types de scénarios fondés sur les objectifs de la SMDD sont envisagés. Une première série porte sur des actions d'utilisation rationnelle de l'énergie côté demande. Le second type de scénarios est basé sur un recours plus important aux énergies renouvelables. La comparaison entre l'évolution tendancielle et les scénarios alternatifs permet d'évaluer le potentiel d'économie d'énergie en volume. Ce volume est ensuite valorisé en fonction de l'évolution du prix du baril de pétrole selon trois hypothèses : une tendance baissière conduisant le prix du baril à 75\$ en 2015 ; une tendance à la stabilisation avec un cours de 120\$ en 2015 ; une poursuite de la tendance haussière, entraînant le cours à atteindre 175\$ en 2015.

Le différentiel de coût entre la tendance et les alternatives permet d'évaluer le coût de l'inaction durant la prochaine décennie. Il évalue également les marges de manœuvres financières dont pourraient disposer les pays pour mettre en place les actions alternatives.

Les résultats cumulés des simulations réalisées pour le Maroc, l'Egypte et la Tunisie montrent que :

- Il apparaît que le plus gros potentiel réside du côté de la demande, à travers des actions d'utilisation rationnelle de l'énergie. Les actions visant les secteurs non industriels entraînant une baisse de 10% de l'intensité énergétique (consommation d'énergie nécessaire pour produire une unité de PIB) en 10 ans permettrait une baisse annuelle moyenne des besoins d'énergie dans les trois pays en 2015 équivalente à 11,1% de la consommation finale 2005. De semblables actions conduites en direction des industries recèlent un potentiel d'économies annuelles équivalent à 5%.

- Concernant le développement des énergies renouvelables, un effort somme toute modeste conduisant la part des ER (solaire, éolien, géothermie) à **1,1%** de la consommation, permettrait tout de même un gain en volume à hauteur de 1,4% de la consommation 2005. Un effort plus conséquent à la suite duquel les ER atteindraient 3% de la consommation permettrait lui d'épargner un volume équivalent à 4,1% de la consommation 2005.
- En combinant ces types d'actions et selon le niveau de l'effort en matière d'ER, le niveau annuel d'économies réalisées en volume d'énergie varie de 17,6% à 20,2% du niveau de la consommation finale 2005. Il s'agit de volumes annuels compris entre 10 et 12 millions de TEP, soit près de deux années de consommation finale d'un pays comme la Tunisie. Quant aux volumes économisés sur l'ensemble de la période de 10 ans, ils sont compris entre 49 et 54 millions de TEP.
- Selon la tendance du prix du pétrole, ces volumes non économisés si les stratégies alternatives n'étaient pas mises en place auront de lourdes conséquences financières. Pour les trois dernières années de simulation (2013-2015), le coût de l'inaction varierait de : (i) 14,4 à 16,2 milliards de dollars si le baril baisse à 75\$ (environ le montant total des exportations marocaines en 2005) ; (ii) 21,7 à 24,4 milliards de dollars si le baril se maintient à 120\$; (iii) 30,3 à 34,1 milliards de dollars si le baril monte durablement à 175\$ **(on rappellera que la somme des exportations totales de biens de la Tunisie et du Maroc en 2005 atteignait 21,6 milliards de dollars).**

Enfin, les volumes qui seraient économisés par la mise en place des actions alternatives auront un impact en termes d'atténuation du changement climatique, par le biais d'émissions de CO₂ épargnés. La combinaison de l'utilisation rationnelle de l'énergie et du développement des ER au niveau des trois pays couvert par le chapitre permettrait d'éviter entre 2006 et 2015 le rejet de 190 à 209 millions de tonnes de CO₂ (équivalent à l'ensemble des rejets de l'Egypte et du Maroc en 2005). En 2015, le volume de rejets annuellement évités serait compris entre 39 et 46 millions de tonnes, soit de 17,0% à 19,8% des émissions enregistrées en 2005.

Une extrapolation régionale des résultats cumulés obtenus pour les 3 pays précédents montre que le cumul de l'ensemble des actions permettrait dès 2015 une économie annuelle de 33,6 à 38,3 millions de TEP et des rejets de CO₂ en baisse de 119 à 139 millions de tonnes. Le bénéfice annuel des actions dès 2015 atteindrait au niveau régional : (i) de 18,5 à 21,0 milliards de dollars avec un baril à 75\$; (ii) de 29,5 à 33,7 milliards de dollars avec un baril à 120\$; et (iii) de 43,1 à 49,1 milliards de dollars avec un baril à 175\$.

On rappellera pour mémoire que le PIB nominal de la Tunisie s'élevait à 28,7 milliards de dollars en 2005 et que ses émissions de CO₂ en provenance de l'utilisation d'énergie étaient d'environ 20 millions de tonnes.

PART II - Chapter 6

Renewable energy and rational energy use in the South and East Mediterranean countries: current situation and outlook

Thanks to their geographical location in one of the world sunniest place, many windy sites and considerable geothermal resources, Mediterranean countries from the South and East (SEMC) have huge potential for renewable energy. Additionally, estimates of potential energy saving is about 40%, which allow enormous progress in energy efficiency.

In order to use this potential, the 21 Mediterranean countries and territories adopted, late in 2005, the Mediterranean Strategy for Sustainable Development (MSSD) which, while being non binding, proposes guidance, actions and objectives in matter of RE and REU.

In the SEMCs, the analysis of recent trends compared with MSSD objectives reveals that, with very few exceptions, concrete implementation of RE is steadily increasing in scope, but that it remains limited. The share of RE in the primary energy supply was 2,5% in 2000 and reach 2,8% in 2006. This trend is not compatible with the MSSD objective of 7% by 2015. Energy intensity of the whole basin improved by 0,3% per year between 1992 and 2003, which is far from objectives of 1 to 2% improvement suggested by the MSSD. Besides, the use of REU potentials seems to be “neglected” by comparison with RES development.

Energy demand management options are then underexploited. Yet, the several projects implemented and the experiences of a few countries (Tunisia, Morocco, Egypt and Israel, for instance), reveal that RE and REU are credible, appropriate and advantageous. Thus, what is at stake today is to undertake a large-scale generalization of these experiences and to create a Mediterranean RE and REU market.

Significant progress has been reported in almost all SEMCs in the implementation of an institutional framework necessary for the development of a real energy efficiency market. However, the progress made remains often incomplete, scarcely visible and, sometimes, instable. Yet, as attested by the experience of the more advanced countries (Tunisia, for instance), the simultaneous presence of these three factors is decisive.

Two of the major weaknesses of the institutional and legal frameworks are in the SEMC are:

- (i) the issue of the financial and administrative terms of connection to the power distribution network for independent RE producers, and
- (ii) the lack of institutional coordination or the absence of an institution in charge of energy efficiency.

The under-utilisation of the REU potential in the SEMCs also seems to result partly from a lack of information and of visibility concerning possible economic and financial gains. Besides, the exploitation of this potential is still hampered by economic impediments: subsidies to fossil fuel which results in relatively low final consumption prices, little efficiency of economic and financial incentives provided for RE and REU. The countries that have established incentives are facing, on the one hand, funding difficulties and, on the other hand, little efficiency due to incomplete/not implemented/non enforceable institutional and legal frameworks.

Within this perspective, the building/ residential/ tertiary sector emerges as a key sector, as it already accounts for about 40% of SEMCs energy consumption and, in view of the expected

demographic growth and urban development, it may be a significant contributor to future CO₂ emissions increases.

The solar sector is an opportunity for the future in the region since it can be integrated in buildings and in urban development which is presently and for coming years booming in the SEMC. The development of this sector is also an industrial opportunity for the SEMC. It could increase co-benefit in term of employment and development (industry and services) already proven, particularly in countries where adapted professionals trainings are set up (Tunisia, Morocco). To become reality, the large scale development of energy demand management needs technology transfers and know how (training) in RE and RUE from the Northern rim to the Southern one.

The climate/energy package of the EU could become a positive driver in the future for the SEMC if it exists an institutional and legal framework compatible with the one of the EU.

The Official Development Assistance (ODA) funds have participated to the promotion of RE and RUE in the SEMCs and can have important leverage effects on private national investment. Today, private international investment funds are available and the Clean Development Mechanism (CDM) plays a role of incentive, but SEMCs are lacking a sufficiently important number of project initiator — and attractive environment for foreign direct investment .

To finalise the construction of a complete and effective legal framework in the SEMC and allow a convergence of RE/RUE policies of the Mediterranean basin countries will be a determinant factor. If it succeeds, it could become realistic that the SEMC control there increase of CO₂ emissions in one hand, and help the EU to achieve its objectives in term of climate and energy in the other hand, thanks to the exchange of green and sustainable energy produced in solar plant.

PARTIE II - Chapitre 6

Énergies renouvelables et utilisation rationnelle de l'énergie dans les pays du Sud et de l'Est de la Méditerranée : situation et perspectives

Les pays Méditerranéens du Sud et de l'Est bénéficient d'un potentiel en énergie renouvelable (ER) parmi les plus importants du monde grâce à leur ensoleillement exceptionnel, aux multiples sites ventés de manière régulière ou encore aux ressources géothermiques notables. En outre, les estimations de d'économie potentielles d'énergie pouvant aller jusqu'à 40% démontrent un potentiel considérable de progrès en efficacité énergétique.

Afin d'exploiter ces potentialités, les 21 pays et territoires riverains de la Méditerranée ont adopté fin 2005 la Stratégie Méditerranéenne de Développement Durable (SMDD) qui, tout en étant non contraignante, propose des orientations, actions et objectifs d'ER et d'utilisation rationnelle de l'énergie (URE) visant à améliorer l'efficacité énergétique.

Dans les PSEM, l'analyse des évolutions récentes par rapport aux objectifs de la SMDD montre que, sauf exception, les applications concrètes d'ER ont une ampleur grandissante mais qu'elles restent limitées. La part des ER (hydraulique, éolien, solaire, géothermie) dans la production d'énergie primaire est passée de 2,5% en 2000 à 2,8% en 2006, ce qui n'est pas une tendance compatible avec l'objectif de la SMDD de 7% en 2015.

L'intensité énergétique dans l'ensemble des pays méditerranéens a progressé de 0,3% par an entre 1992 et 2003, ce qui est loin des objectifs de progression de 1 à 2% proposés par la SMDD. En outre, l'exploitation des gisements d'URE semble être « négligée » par rapport au développement des ER.

Les options de maîtrise de l'énergie sont donc sous-exploitées, pourtant, les nombreux projets réalisés et les expériences de quelques pays (Tunisie, Maroc, Egypte, Israël par exemple), démontrent que les ER et l'URE sont des options crédibles, adaptées et avantageuses. Ainsi, aujourd'hui, le défi reste la généralisation massive de ces expériences et la création d'un marché méditerranéen des ER et de l'URE.

D'importants progrès ont été enregistrés dans quasiment tous les PSEM pour la création du cadre institutionnel nécessaire au développement d'un réel marché de la maîtrise de l'énergie. Cependant, ils sont encore souvent incomplets, peu visibles, et parfois instables. Or, comme le montre l'expérience des pays les plus avancés (ex : Tunisie), la présence simultanée de ces trois facteurs est déterminante.

Deux des points les plus importants à combler dans les cadres institutionnels et légaux des PSEM sont :

(i) la question des modalités financières et administratives du raccordement au réseau de distribution d'électricité pour les producteurs indépendants d'ER et

(ii) le manque de coordination institutionnelle ou l'absence d'institution responsable de l'efficacité énergétique.

La sous exploitation du potentiel d'URE dans les PSEM semble également provenir en partie d'un manque d'information et de visibilité de l'importance des gains économiques et financiers possibles. En outre, la mise en exploitation de ces potentiels bute sur des barrières économiques : subventions aux énergies fossiles qui se traduisent par un prix à la consommation finale relativement bas, faible efficacité des incitations économiques et financières en faveur des ER et de l'URE. Les pays qui ont mis des incitations en place font face d'une part à la difficulté de leur financement et, d'autre part, à leur efficacité réduite du fait de cadres légaux et législatifs non aboutis/appliqués/applicables.

Le secteur du bâtiment/résidentiel/tertiaire apparaît comme un secteur clef de l'action car il consomme d'ores et déjà environ 40% de l'énergie dans les PSEM et, compte tenu de la démographie et du développement urbain attendu, il pourrait être à l'origine d'importantes augmentations d'émissions de CO₂ futures.

La filière solaire représente une opportunité d'avenir importante car elle peut parfaitement s'intégrer dans le secteur du bâtiment et du développement urbain qui est actuellement et pour les années futures en plein développement dans les PSEM. Le développement de cette filière est également une opportunité industrielle pour les PSEM. Elle pourrait venir renforcer les co-bénéfices en termes d'emplois et de développement (industrie et service) déjà observés, en particulier dans les pays qui mettent en place les formations professionnelles adaptées (Tunisie, Maroc). Ces perspectives, pour se réaliser à grande échelle, doivent s'accompagner d'importants transferts de technologies et de savoir faire (formation) en matière d'ER et d'URE entre la rive Nord et la rive Sud de la Méditerranée.

Les effets d'entraînement des politiques climat/énergie de l'Union européenne pourraient à l'avenir être positifs pour les PSEM si il existe dans ces derniers un cadre institutionnel compatible avec celui de l'UE.

Les fonds d'aide publique au développement (APD) participent sensiblement au développement des ER et de l'URE dans les PSEM et peuvent être à l'origine d'effets leviers importants sur les investissements privés nationaux. Aujourd'hui des fonds d'investissement privés internationaux

sont disponibles et encouragés par le MDP mais il manque dans les PSEM un nombre suffisamment important de porteurs de projets et un contexte attractif pour les investissements directs étrangers.

Finaliser la construction d'un cadre légal efficace dans les PSEM et faire converger les politiques d'ER et d'URE de l'ensemble des pays méditerranéens sera donc un point déterminant. S'il se réalise, il pourrait alors devenir, très réaliste d'envisager que d'une part, les PSEM maîtrisent la croissance de leur demande nationale en énergie et de leurs émissions de CO₂ et d'autre part, aident l'UE à atteindre ses objectifs en terme d'énergie et de climat via l'exportation d'énergie propre et durable produite dans des centrales solaires.

PART II - Chapter 7 A

How much does cost the change of scenario toward a low carbon energy sector? TUNISIA

The period 1990-2004 was marked by laying the institutional, legal and incentive foundations for an environment that is conducive to the emergence of energy efficiency actions.

The increase in oil prices on the international market and the deterioration of the country's energy bill, as from 2005, have triggered a change of scale in Tunisia's energy efficiency policy. Thus, the period 2005-2007, has reported, on the one hand, the design of an ambitious investment programme in matter of energy efficiency and, on the other hand, the set up of new institutional and legal instruments conducive to the development of energy efficiency and the promotion of renewable and alternative energies.

Over this period, investments in energy efficiency can be estimated as 250 million Tunisian dinars (TND), that is the equivalent of about 140 M€, with a State participation estimated as 25 MTND (or 14 Million euros¹). The contribution of such investments is significant:

- a fall in energy intensity by about 2.8% per year;
- a penetration of renewable energies (exclusive of biomass) in primary energy consumption, passing from 0.5% in 2005 to 1% in 2007;
- a aggregate energy saving of about 800 ktoe over the period, that is about 3 Mtoe for the entire lifetime of the actions undertaken;
- avoided GHG emissions estimated as 2.4 MTECO₂ over the period, that is about 10 MTE CO₂ for the entire lifetime of the actions undertaken;
- energy products subsidies avoided by the State of about 463 MTND (260 M€), that is 18 times the amount of the subsidy granted for supporting energy efficiency.

The cost of the saved toe may be estimated as 90 TND/toe (50 €/toe), of which a State contribution in terms of subsidies granted by FNME (National Energy Efficiency Fund) estimated as 9 TND/toe (5 €/toe). Accordingly, the cost of the GHG emissions avoided would be about 20 €/TE CO₂.

The Tunisian government has adopted in its new four years energy efficiency programme the objective to cut down energy intensity by 3% per year between 2008 and 2011 and put up at 4% the share of renewable energies (solar, wind, biogas) in the primary energy consumption (biomass not included), with a capital expenditure (investment cost) estimated as 1100 MTND (611 M€), of which 140 MDT (78 M€) provided by the FNME. Thus, the total amount of investment in energy efficiency over the period 2008-2011 accounts for about 13% of the investments earmarked for the energy sector over the same period.

The main results expected from this programme are as follows:

- energy saving of about 3.2 Mtoe over the period 2008-2011, that is about 15 Mtoe over the entire lifetime of the actions;
- GHG emissions avoided of about 9 MTECO₂ over the period 2008-2011, that is about 45 MTECO₂ over the lifetime of the actions recommended;
- Reducing the share of energy expenditure in GDP to about 18%, instead of 20% in the case of the underlying (trend-based) scenario.

¹ Shadow exchange rate: 1 euro = 1.8 TND

The cost of the saved toe is about 73 TND, that is 40 €/toe, with a State contribution of about 5 €/toe. Consequently, the cost of a ton of CO₂ avoided may be estimated as 24 TND/TECO₂, that is about 14 €/TECO₂.

The cost of the saved toe is to be compared with Tunisia's natural gas supply cost, which is currently over 400 TND/toe (222 €/toe).

Over the period 2012-2016, Tunisia is set to pursue its sustained energy efficiency policy, with the objective of ensuring an improvement of energy intensity by 3% per year in order to reach the European level. This should help reduce primary energy consumption by 23% for the time frame 2016, that is by about 3 Mtoe.

Finally, owing to its capacity to reduce GHG emissions, energy efficiency can largely benefit from funding under the Clean Development Mechanism (CDM). Indeed, as at early 2008, the Designated National Authority (DNA) had already approved some twenty projects in the energy sector, likely to generate earnings from the sale of units of Certified Emissions Reductions (CERs) of about 200 M€ over the crediting period.

PARTIE II - Chapitre 7 A

Combien coute un scenario moins émetteur de gaz à effet de serre ? TUNISIE

La période 1990-2004, a été marquée notamment par la mise en place des jalons institutionnels, réglementaires et incitatifs en vue de créer un environnement favorable à l'émergence des actions de maîtrise de l'énergie.

L'augmentation des prix du brut sur le marché international et la dégradation de la facture énergétique du pays, à partir de 2005, ont été à l'origine de l'amorce de changement d'échelle dans la politique de maîtrise de l'énergie en Tunisie. Ainsi, la période 2005-2007, a été marquée d'une part par la mise en place d'un programme ambitieux d'investissement en matière de maîtrise de l'énergie et d'autre part par la mise en place de nouveaux outils institutionnels et réglementaires favorables au développement de l'efficacité énergétique et des énergies renouvelables et alternatives.

Sur cette période, les investissements dans la maîtrise de l'énergie peuvent être estimés à environ 250 millions de dinars tunisiens, soit de l'ordre de 140 M€, avec une participation de l'Etat estimée à environ 25 MDT (soit 14 Millions d'euros). La contribution de ces investissements est significative :

- Une baisse de l'intensité énergétique d'environ 2,8% par an ;
- Une pénétration des énergies renouvelables (hors biomasse) dans la consommation d'énergie primaire passant de 0,5% en 2005 à 1% en 2007 ;
- Une économie d'énergie cumulée d'environ 800 ktep sur la période, soit environ 3 Mtep sur toute la durée de vie des actions ;
- Des émissions évitées de GES estimées à 2,4 MTECO₂ sur la même période et à près de 10 MTECO₂ sur la durée de vie des actions entreprises ;
- Des subventions des produits énergétiques évitées par l'Etat s'élevant à environ 463 MDT (260 M€), soit 18 fois le montant de la subvention accordée pour le soutien à la maîtrise de l'énergie.

Le coût de la tep économisé peut être estimé à environ 90 DT/tep (50 €/tep) dont une contribution de l'Etat au titre des subventions accordés par le FNME estimée à environ 9 DT/tep (5 €/tep). En conséquence, le coût des émissions évitées de GES serait de l'ordre de 20 €/TECO₂.

Les Autorités tunisiennes ont retenu dans le nouveau programme quadriennal de maîtrise de l'énergie de réduire l'intensité énergétique de 3% par an entre 2008 et 2011 et porter à 4% la part des énergies renouvelables (solaire thermique, éolien, biogaz) dans la consommation d'énergie primaire (hors biomasse), avec un coût d'investissement estimé à 1100 MDT (611 M€) dont 140 MDT (78 M€) provenant du FNME. Ainsi, le montant total des investissements dans la maîtrise de l'énergie sur la période 2008-2011 représente environ 13% des investissements prévus dans le secteur de l'énergie dans la même période.

Les résultats escomptés de ce programme sont essentiellement les suivants :

- Des économies d'énergie d'environ 3,2 Mtep sur la période 2008-2011, soit environ 15 Mtep sur toute la durée de vie des actions ;
- Des émissions évitées de GES d'environ 9 MTECO₂ sur la période 2008-2011 soit environ 45 MTE CO₂ sur toute la période de vie des actions préconisées ;
- Une réduction de la part des dépenses énergétiques dans le PIB à environ 18% au lieu de 20% dans le cas d'un scénario tendanciel.

Le coût de la tep économisée est de l'ordre de 73 DT, soit 40 €/tep, avec une contribution de l'Etat à hauteur de 5 €/tep. En conséquence, le coût de la tonne de CO₂ évitée peut être estimé à environ 24 DT /TECO₂, soit près de 14 €/TECO₂.

Le coût de la tep économisée est à comparer au coût d'approvisionnement de la Tunisie en gaz naturel dépassant aujourd'hui les 400 DT/tep (222 €/tep).

Sur la période 2012-2016, la Tunisie devrait poursuivre sa politique renforcée de maîtrise avec l'objectif d'assurer une baisse de l'intensité énergétique de 3% par an pour atteindre le niveau européen. Cela permettra de réduire la consommation d'énergie primaire de 23% à l'horizon 2016, soit d'environ 3 Mtep.

Enfin, du fait de sa capacité de réduction des émissions de gaz à effet de serre, la maîtrise de l'énergie peut largement bénéficier des financements dans le cadre du Mécanisme pour un Développement Propre (MDP). En effet, au début de l'année 2008, l'Autorité Nationale Désignée (AND) a déjà approuvé une vingtaine de projets dans le secteur de l'énergie qui devraient générer des revenus de vente d'unités de réduction certifiées d'émissions (URCEs) d'environ 200 M€ sur la période de comptabilisation.

PART II - Chapter 7 B

How much does cost the change of scenario toward a low carbon energy sector? EGYPT

The energy institutional framework has a fundamental impact on the degree of how adequately addressing energy sustainability which should represent the core of any strategy formulation. Major energy institutional and market reforms would be needed to insure driving Egypt towards an alternative energy scenario based on more sustainable natural resources exploitation, more efficient end-use and hence lower CO₂ emissions.

As the energy sector contributes by more than 71% of total GHG emissions in Egypt, the growing dependence on fossil fuels will not only endangers the future national energy security but will also be jeopardizing the whole national sustainable development prospects. The cost of continuing with the business-as-usual scenario is expected to be considerably high particularly if the country will be, most probably, obliged to import a part of the needed fossil fuels at the currently astounding international prices.

The creation of the RE dedicated agency (NREA) under the ministry of electricity, facilitated the realisation of Egypt's declared commitment towards enhancing the role of RE in its energy system particularly for wind power generation. Conversely, less significant development can be seen in the RUE field due to the absence of such an institution. The questionable sustainability of conventional energy resources and the ever increasing demand makes the enhancement of the role of RE and RUE as a must rather than a choice.

The new ambitious wind power plan has a target to meet 12% of electricity demand by 2020 translated into 7200 MW total installed wind power capacity which will result in an annual GHG emissions reduction of about 17 mt CO₂eq and annual fuel saving of 7.2 mtoe after their completion. For the year 2014/15, the wind power ambitious plan targets installing 3000 MW in addition to the existing 600 MW wind farms already installed and also those being under construction to realise a total installed capacity of 3600 MW by that year.

Nevertheless, based on prevailing market conditions and favourable wind conditions in the area of Gable El-Zeit, this study estimates that only 2200 MW out of the officially planned 3000 MW till 2014/15 can be realised and hence will be considered under the business as usual scenario. Consequently, the remaining 800 MW together with additional proposed actions in this study is forming an alternative energy scenario less CO₂ emitter in the horizon of 2014/15. The baseline (business as usual) scenario estimates that the energy emissions by the year 2014/15 is 250 mt CO₂eq resulting from a total energy consumption of 91.5 mtoe during the same year.

Additional actions identified and estimated in term of possible investment under the alternative low carbon scenario are: Four wind power plants each of 200 MW (total of 800 MW helping to achieve the 3600 MW target), a solar water heating program and an efficient lighting initiative. The total investment cost of those actions, which are forming the proposed alternative scenario, are estimated at about 1.3 billion Euros. This investment amount represents about 10% of the total planned investments (about 12.7 billion Euros) in both petroleum and electricity sectors until the year 2014/15.

The economic analysis of the proposed projects reflects the negative impact of subsidised electricity price on the internal rate of return (IRR) and indicates that soft loans improve the cost effectiveness of these projects. Those two remarks reflect the fact that strong national institutional reforms are needed (including pricing reform) and that soft loans could strongly boost the achievement of an alternative scenario. Nevertheless, even with present energy subsidies energy efficiency applications show favourable cost effectiveness. The economic analysis of the wind energy proposed project also indicated that the cost of investment to save one toe (ton of oil equivalent) is estimated at 50 euro/toe while that from energy efficiency is ranging from 20 to 30 euro/toe. The cost of the avoided GHG emissions can be estimated as 19 and 10 euro/t CO₂eq from wind projects and from energy efficiency activities respectively.

Finally, the Euro- Mediterranean cooperation and a further contribution of the international financing institutions (IFIs) like the EIB could play a key role to assist Egypt in better formulating and implementing reforms and strategies needed to achieve a lower energy carbon scenario that maximises the role of RE and RUE.

PARTIE II - Chapitre 7 B

Combien coute un scenario moins émetteur de gaz à effet de serre ? EGYPTE

Le cadre institutionnel du secteur énergétique a un impact primordial sur la façon de traiter les questions d'énergie durable. Ce cadre devrait représenter l'outil de la formulation de toute stratégie énergétique. Des réformes majeures au niveau du marché et des institutions seraient nécessaires pour amener l'Egypte à un scénario alternatif d'énergie basé sur : une exploitation plus rationnelle des ressources naturelles et un usage final plus efficace réduisant ainsi les émissions de CO₂.

Etant donné que le secteur de l'énergie contribue par plus de 71% d'émissions totales de GES en Egypte; la dépendance croissante aux combustibles fossiles mettrait en danger non seulement la future sécurité énergétique nationale mais compromettra également toutes les perspectives nationales de développement durable puisque selon le scénario de référence, l'Egypte devra importer une partie de ses besoins en combustibles fossiles aux prix internationaux actuellement très hauts. Le coût sera donc élevé. La création d'une agence, dédiée à l'ER (NREA) sous l'ombrelle du ministère de l'électricité, a facilité la réalisation de l'engagement déclaré de l'Egypte pour l'augmentation du rôle de l'ER dans son système énergétique ; en particulier pour l'énergie éolienne. En revanche, moins de déploiements significatifs peuvent être observés dans le domaine de l'URE en raison de l'absence d'une telle institution. La durabilité incertaine des ressources énergétiques conventionnelles et la demande toujours croissante fait du renforcement du rôle de l'ER et de l'URE une nécessité plutôt qu'un choix.

L'ambitieux nouveau plan d'énergie éolienne a pour objectif de satisfaire 12% de la demande d'électricité d'ici 2020, soit 7200 MW en capacité éolienne totale installée. Une fois mise en place, celle-ci se traduira par une réduction des émissions annuelle de GES d'environ 17 MtCO₂eq et de l'économie de combustible de 7.2 Mtep annuellement. En plus des 600 MW de fermes éoliennes déjà installées ou en cours de construction, à l'horizon 2014/15, le plan d'énergie éolienne prévoit d'installer 3000 MW supplémentaire; la capacité installée totale sera donc de 3600 MW.

Cependant compte tenu des conditions du marché et des conditions de vent favorables sur le site de Gable El-Zeit, il est estimé que seuls 2200 MW sur les 3000 prévus officiellement jusqu'à 2014/15 peuvent être atteints. Par conséquent, cette capacité sera considérée dans le cadre du scénario de référence. Cette étude a pris en compte les 800 MW manquant et les autres actions proposées dans un scénario d'énergie alternatif moins émetteur en CO₂ à l'horizon 2014/15. Les activités supplémentaires identifiées et estimées en termes d'investissement possible, en vertu du scénario alternatif à faible contenu en carbone, concernent: quatre installations d'énergie éoliennes, chacune d'une capacité de 200 MW (soit un total de 800 MW, afin d'atteindre l'objectif des 3600 MW), un programme de chauffe-eau solaire et une initiative d'éclairage efficace. Le coût d'investissement total de ces actions, qui composent le scénario alternatif proposé, est estimé à environ 1,3 milliards d'euros. Cet investissement représente environ 10% du total de l'investissement prévu (environ 12,7 milliards d'euros) dans les secteurs de l'électricité et du pétrole d'ici 2014/15.

L'analyse économique des projets proposés reflète l'impact négatif de la subvention des tarifs de l'électricité sur le Taux de Rentabilité Interne (TRI) et indique que les prêts à conditions avantageuses améliorent le rapport coût-bénéfices de ces projets. En effet ces deux données reflètent le fait que des réformes tarifaires nécessaires et des prêts à taux réduits pourraient fortement stimuler la réalisation d'un scénario alternatif de l'énergie. Néanmoins, même avec les subventions actuelles à l'énergie, l'efficacité énergétique peut être économiquement rentable. L'analyse économique des projets d'énergie éolienne a également indiqué que le coût des investissements permettant l'économie d'une tep (tonne équivalent pétrole) est estimé à 50

euros/tep, alors que celle de l'efficacité énergétique est de 20 à 30 euros/tep. Le coût de l'émission de GES évitée peut être estimé à 19 euro/t CO₂eq pour les projets éoliens et 10 pour les activités de l'Efficacité Énergétique (EE).

Enfin, la coopération euro-méditerranéenne et la contribution accrue des institutions financières internationales (IFI) comme la BEI pourraient jouer un rôle clé pour aider l'Égypte à mieux formuler sa stratégie énergétique. La mise en œuvre de cette stratégie nécessite des réformes concrètes pour atteindre un scénario alternatif d'énergie moins émetteur en carbone basé sur la maximisation du rôle des ER et de l'URE.

PART II - Chapter 8

The electricity sector challenges, related CO₂ emissions and potential solutions

The total energy demand of the region is marked by an exponential growth of demand on electricity, at a pace much faster than that of GDP, of primary energy consumption and of population, particularly in the Southern and Eastern Mediterranean Countries (SEMCs). For this set of countries, the demand is likely to increase by 2.6 between 2006 and 2025, mainly due to a tripling of the consumptions of Turkey, Tunisia and Algeria, and a doubling up of the consumptions of Egypt and Morocco.

The expected development of the industrial sector, the accelerated access to electricity, and the improvement of standards of living (directly connected with the consumption of the residential sector) are the reason for these consumption upsurges.

In 2006, the electricity consumption of the SEMCs accounted for 26% of the total electricity consumption of the Mediterranean basin. This figure is likely to reach 40% by 2025. Turkey and Egypt account for about 60% of the total electricity production of the SEMCs. The average annual electricity consumption per capita is 3.8 times lower in the SEMCs than in the Northern Mediterranean Countries (NMCs); this ratio is likely to shrink to 2.3 by 2025. In the SEMCs, the fossil energies used to produce electricity accounted for over a third of primary energy (34%) in 2006. The choice of sectors depends on the natural resources available in the countries (gas in Algeria and in Egypt; coal in Israel, in Turkey and in Morocco). Over the past 35 years, a salient fact has been the penetration of natural gas which accounted, in 2006, for 50% of the sources of energy used to produce electricity, as against 3% in 1971. The oil share in electricity production has reported a reverse trend: passing from 56% in 1971 to 17% in 2006. Coal, which accounted for 10% in 1971, rose to 20% in 2006. For the time frame 2025, coal is likely to account for 31% of fossil fuels for electricity (as against 23% in 2006) and gas for 64% (as against 55% in 2006). The nuclear option is under consideration in the SEMCs; it is likely to emerge in the energy mix within the time frame 2025.

It ensues from these evolutions that CO₂ emissions due to the electricity sector have grown tenfold (x 10) between 1971 and 2006. By 2025, these emissions are likely to grow more than twofold with respect to their level of 2006 in the SEMCs. They will then be 1.2 times higher than the emissions due to the electricity sector of the NMCs, while they were 1.5 times lower in 2006. The emissions of the sector accounted, in 2006, for 34% of the total CO₂ emissions, a share which is likely to remain identical by 2025.

The strong penetration of natural gas at the expense of oil since 1970 (whose combustion emits 1.2 times less of CO₂ than that of oil) has contributed in curbing emissions rises. However, the increase in demand and the growth in the share of coal for electricity production (whose combustion emits 1.7 times less than that of gas and 1.4 times more than that of oil) have tended to dent the advantages provided by the penetration of natural gas.

In this chapter, three options are examined to estimate the reduction potential possible in the future:

- Accelerated shift from one type of fuel to another (natural gas): according to the trend scenario in the SEMCs, the share of natural gas in primary energy consumption (of which about a half is used for power production in the SEMCs) will pass from 34% in 2006 to 38%. This evolution would help bring the level of CO₂ emissions within the range of 7 to

10%² by comparison with a scenario in which the share of natural gas would remain at its level of 2006;

- Use of more efficient and less fuel consuming, technologies: the previous trend-based evolution may be inverted via a large-scale programme of rehabilitation of the old plants over a ten-year time period. OME has inventoried a fleet of over 22000 MW of plants liable for rehabilitation or reclassification. Such a programme would allow—via new higher performance plants (50% in combine cycles)—a reduction in fuel consumption in the order of 10 Mtoe per year, that is the equivalent of an additional reduction of CO₂ emissions in the range of 3.7% to 5.2% for the time frame 2025³;
- Finally, the capture and storage of the CO₂ emitted by power plants could mitigate the high emissions of coal-fired plants. However, this option is as yet costly (cost twice higher than for a non equipped plant); it is also energy consuming, without a mature market, and is beset with several uncertainties—especially of an environmental character—, which hardly entertains the likelihood that the SEMCs would be using it on a large scale within the time frame 2025.

The expected growth of energy consumption in the SEMCs is considerable for the time frame 2025, which is connected, above all, with the development of electricity production, such as developed in this chapter.

This growth could, nevertheless, be slowed down by difficulties related to the financing of infrastructures. One of the major constraints, for the SEMCs and for Turkey, is connected with the investments necessary for the new plants (+120 GW by 2020) which have been estimated by OME, based on the costs of January 2008, as about 110 billion Euros.

To this, there must also be added the investments related to coal ports and natural gas production and transport infrastructures, which are equally considerable; this explains, among other reasons, the predilection for projects of gas combine cycle plants (+60 GW), which are less costly and easier to construct than coal-fired plants, for instance.

It may be further added that the development of power interconnections and power exchanges will help optimise the operation of the production plants and contribute in reducing the needs for new production capacity. It is, therefore, indispensable—in order to overcome the impediments and constraints hampering a sustainable development of the region—to boost the infrastructures which will increase the exchanges and, above all, the power and gas interconnections.

PARTIE II - Chapitre 8

Le défi du secteur de l'électricité, les émissions de CO₂ liées et les solutions potentielles

La demande énergétique totale de la région se caractérise par une croissance spectaculaire de la demande d'électricité beaucoup plus rapide que celle du PIB, de la consommation d'énergie primaire ou de la population, en particulier dans les PSEM. Pour ce groupe de pays, elle pourrait être multipliée par 2,6 entre 2006 et 2025, notamment du fait d'un triplement des consommations en Turquie, Tunisie et Algérie et un doublement en Egypte et au Maroc.

² This represents a reduction by 50 to 71 Mt of CO₂ for the time frame 2025 thanks to the gas penetration projected in the various countries. These reduction rates are calculated with respect to the current level of total emissions in the SEMCs standing at 709 Mt of CO₂.

³ This represents 26 to 37 Mt of CO₂ for the time frame 2025. These reduction rates are calculated with respect to the total emissions of 709 Mt of CO₂ in 2006 in the SEMCs.

Le développement attendu du secteur industriel, l'accélération de l'accès à l'électricité et l'amélioration des niveaux de vie (directement liée à la consommation du résidentiel) sont la source de ces augmentations fulgurantes de consommation.

En 2006, la consommation d'électricité des PSEM représente 26% de la consommation totale d'électricité du bassin méditerranéen. Ce chiffre pourrait passer à 40% en 2025. La Turquie et l'Égypte représentent environ 60% de la production totale d'électricité des PSEM. La consommation annuelle moyenne par habitant d'électricité est 3,8 fois plus faible dans les PSEM que dans les PNM ; ce ratio pourrait être réduit à 2,3 à l'horizon 2025. Dans les PSEM, les énergies fossiles utilisées pour produire de l'électricité représentent plus du tiers de l'énergie primaire (34%) en 2006. Le choix des filières dépend des ressources naturelles disponibles dans les pays (gaz en Algérie et en Égypte, charbon en Israël, en Turquie et au Maroc). Depuis les 35 dernières années, un fait marquant est la pénétration du gaz naturel qui représente en 2006 50% des sources d'énergie utilisées pour produire de l'électricité, contre 3% en 1971. La part du pétrole dans la production d'électricité a évolué en sens inverse : passant de 56% en 1971 à 17%. Le charbon, qui représentait 10% en 1971 représente 20% en 2006. A l'horizon 2025, le charbon devra représenter 31% des combustibles fossiles pour l'électricité (contre 23% en 2006) et le gaz 64% (contre 55% en 2006). La question du nucléaire est considérée dans les PSEM ; elle pourrait commencer à apparaître dans le mix énergétique à l'horizon 2025.

Il résulte de ces évolutions que les émissions de CO₂ par le secteur de l'électricité ont été multipliées par 10 entre 1971 et 2006. En 2025, ces émissions devraient plus que doubler par rapport à leur niveau de 2006 dans les PSEM. Elles seront alors 1,2 fois supérieures aux émissions du secteur de l'électricité des pays de la rive Nord, alors qu'elles étaient 1,5 fois moins importantes en 2006. Les émissions du secteur représentent en 2006 34% des émissions totales de CO₂, part qui pourrait rester identique en 2025.

La forte pénétration du gaz naturel au dépend du pétrole depuis 1970 (dont la combustion émet 1,2 fois moins de CO₂ que le pétrole) a contribué à limiter les hausses d'émissions. Cependant, l'accroissement de la demande et l'augmentation de la part du charbon pour la production d'électricité (dont la combustion émet 1,7 fois plus que celle du gaz et 1,4 fois plus que celle du pétrole) a eu tendance à diminuer les avantages procurés par la pénétration du gaz naturel.

Dans ce chapitre, trois options sont analysées pour estimer le potentiel de réduction possible à l'avenir :

- L'accélération du passage d'un type de combustible à un autre (gaz naturel) : selon le scénario tendanciel dans les PSEM, la part du gaz naturel dans la consommation d'énergie primaire (dont environ la moitié est utilisée pour la production d'électricité dans les PSEM) passera de 34% en 2006 à 38%. Cette évolution permettrait de réduire le niveau des émissions de CO₂ à hauteur de 7% à 10%⁴ par rapport à un scénario où la part du gaz naturel reste à son niveau de 2006.
- L'utilisation de technologies plus efficaces et moins consommatrices de combustibles : l'évolution tendancielle précédente peut être infléchiée à travers un vaste programme de réhabilitation des centrales anciennes sur une dizaine d'années. L'OME a recensé un parc de plus de 22000 MW de centrales candidates à la réhabilitation ou au déclassement. Un tel programme, grâce à de nouvelles centrales de rendement plus élevé (50% dans les cycles combinés) pourrait permettre une réduction de consommation de combustibles de l'ordre de

⁴ Ceci représente une réduction de 50 à 71 Mt de CO₂ à l'horizon 2025 grâce à la pénétration de gaz prévu dans les différents pays. Ces taux de réduction sont calculés comparativement au niveau actuel d'émissions totales dans les PSEM de 709 Mt de CO₂.

10 Mtep par an, soit l'équivalent d'une réduction supplémentaire dans des émissions CO₂ de l'ordre de 3,7% à 5,2% à l'horizon 2025⁵.

- Enfin, la capture et le stockage du CO₂ émis par les centrales électriques pourrait palier aux fortes émissions des centrales à charbon. Cependant, cette option est actuellement coûteuse (coût deux fois plus élevé que pour une centrale non équipée), consommatrice d'énergie et ne fait pas l'objet d'un marché mature et qui intègre de nombreuses incertitudes, notamment environnementales, ce qui ne permet pas de penser que les PSEM puissent massivement l'utiliser à l'horizon 2025.

L'essor prévu des consommations d'énergie dans les PSEM est considérable d'ici 2025, ceci est surtout lié au développement de la production d'électricité comme il est montré dans ce chapitre.

Cet essor pourrait toutefois être ralenti par les problèmes de financement des infrastructures. L'une des principales contraintes, pour les pays du Sud et de l'Est et de la Turquie, est liée aux investissements nécessaires pour les nouvelles centrales (+120 GW d'ici 2020) qui ont été estimés par l'OME, sur la base des coûts de janvier 2008, à près de 110 milliards d'Euros.

Il faut, de plus, ajouter les investissements relatifs aux ports charbonniers et aux infrastructures de production et de transport du gaz naturel qui sont également considérables ; ceci explique entre autres l'engouement pour les projets de centrales à cycles combinés au gaz (+60 GW) moins coûteuses et plus rapides à construire que les centrales thermiques à charbon par exemple.

A cela, on pourrait ajouter que le développement des interconnexions électriques et des échanges d'électricité permettront d'optimiser le fonctionnement des parcs de production et de contribuer à diminuer les besoins en nouvelles capacités de production. Il est donc indispensable, pour surmonter les obstacles et les contraintes qui s'opposent à un développement durable de la région, de développer les infrastructures qui permettront d'accroître les échanges, et tout particulièrement les interconnexions électriques et gazières.

⁵ Ceci représente 26 à 37 Mt de CO₂ à l'horizon 2025. Ces taux de réduction sont calculés par rapport aux émissions totales de 709 Mt de CO₂ en 2006 dans les PSEM.

PART III- VULNERABILITY OF, IMPACT ON AND ADAPTATION OF THE ENERGY SYSTEM / VULNERABILITE DU, IMPACT SUR ET ADAPATION DU SECTEUR DE L'ENERGIE

PART III- Chapter 9

Wooded lands, climate change and energy in the Mediterranean

- Mediterranean woodlands play a key role in the protection and management of certain global public assets: biodiversity, combating desertification, water resources. They also provide environmental services that are crucial to the sustainable development of an economy of which sustainable tourism is a core component: landscapes, nature recreation space, eco-tourism.
- Their role as carbon sink is fairly limited, because their little biological productivity, the little carbon accumulation in their soil and the growing fire risk in a context of rising temperature and declining rainfall.
- These areas, shaped by a long process of co-evolution with man and his livestock, have so far proved to have a high resilience capacity. This capacity is set to bear the brunt of the foreseeable climate change. Anthropogenic pressures and climate aggravations act in synergy: it is, therefore, required to ease the anthropogenic pressure to remain within the possible resilience conditions. Management must be much more “ecological” and adapted than it has, generally, been so far.
- There will probably be observed a certain side-slipping to the north, or in altitude, of the areas of distribution of the various plant species. It will, accordingly, be advisable to facilitate this natural swing by avoiding to create ecological barriers, or “insularisation” phenomena, liable to induce the extinction of many species.
- Their traditional use (production of wood, notably “fire wood”, and other non wood products, notably grazed fodder resources) has quite significantly decreased in the countries of the Northern rim (NMCs) for several decades now, but still prevails in the countries of the Southern and Eastern rim (SEMCs) where overexploitation and overgrazing have induced, and still induce sometimes, serious degradation.
- In the Northern countries, a certain resumption of the use of fire wood is likely, based on highly automated methods (platelets), but at a higher average cost than in the forests of other regions, being more accessible and more productive. Strict measures of prudent and sustainable management must be observed.
- In the Southern countries, overexploitation of fire wood is still a serious threat. One priority is to not substitute to wood other forms of renewable energy.
- The Mediterranean region seems to be hardly favourable for the development of second-generation bio-fuel industrial sectors (ethanol from cellulose or Fischer-Tropsch synthesis) or heavy wood based bio-chemistry. On the other hand, it would be possible to develop “niche” products (small market), such as the use of waste from the wood/forest industry.
- In order to be sustainable, the management of woodlands must be participatory and must associate, within a spirit of good governance, all stakeholders concerned: local government, owners and users, economic developers, NGOs ... It must, therefore, be conducted on suitable territorial scale.

- Besides, it must be integrated in the framework of the more comprehensive policies and strategies established on the level of the States and their regional subdivisions, as well as within the scope of dedicated monitoring and evaluation mechanisms.
- Cooperation between the countries of the Mediterranean basin is more than ever of crucial importance, not only on the intellectual level (research and development of innovative experiences, academic education and technical training, information), but also on operational level (means, of which in particular large-scale fire-fighting air means).

PARTIE III- Chapitre 9

Espaces boisés, changement climatique et énergie en Méditerranée

- Les espaces boisés méditerranéens jouent un rôle majeur dans la protection et la gestion de certains biens publics mondiaux : biodiversité, lutte contre la désertification, ressources en eau. Ils fournissent également des services environnementaux essentiels au développement durable d'une économie dont le tourisme durable est une composante essentielle : paysages, loisirs de nature, écotourisme.
- Leur rôle comme puits de carbone est relativement limité, du fait de leur productivité primaire faible, de la faible accumulation de carbone dans leur sol, et du risque accru d'incendie dans un contexte d'augmentation des températures et de diminution des précipitations.
- Ces espaces, façonnés par un long processus de co-évolution avec l'homme et ses troupeaux, ont jusqu'à présent fait preuve de fortes capacités de résilience. Ces capacités vont être soumises à rude épreuve par les changements climatiques prévisibles. Les pressions humaines et les aggravations du climat agissent en synergie : il faudra donc alléger les pressions humaines pour rester dans des conditions de résilience possibles. La gestion devra être beaucoup plus « écologique » et adaptée qu'elle ne l'a, en général, été jusqu'à maintenant.
- On observera probablement un certain glissement vers le nord, ou en altitude, des aires de répartition des différentes espèces végétales. Il conviendra de favoriser ce glissement naturel en évitant de créer des barrières écologiques, ou des phénomènes « d'insularisation » qui pourraient entraîner des disparitions d'espèces nombreuses.
- Leurs utilisations traditionnelles (production de bois, notamment « bois de feu », et de produits autre que le bois, notamment de ressources fourragères pâturées) ont très fortement décliné dans les pays de la rive Nord depuis plusieurs décennies, mais sont encore très présentes dans ceux de l'Est et du Sud, où la surexploitation et le surpâturage ont pu créer, et créent parfois encore, de graves dégradations.
- Dans les pays du Nord, un certain renouveau de l'utilisation du bois de feu est vraisemblable, selon des méthodes fortement automatisées (plaquettes), mais à un coût moyen plus élevé que dans les forêts d'autres régions, plus accessibles et plus productives. Des contraintes strictes de gestion prudente et durable devront être respectées.
- Dans les pays du Sud, la surexploitation du bois de feu est encore une menace grave. Une des priorités est de substituer au bois d'autres formes d'énergie renouvelable.
- La région méditerranéenne paraît peu propice au développement de puissantes filières industrielles de bio-carburants de seconde génération (éthanol de cellulose ou synthèse de Fischer-Tropsch) ou de bio-chimie lourde à base de bois. En revanche des produits « de

niche » (marché de faible dimension) pourraient être développés, tels que la valorisation des déchets des scieries.

- Pour être durable, la gestion des espaces boisés doit être participative et associer, dans un esprit de bonne gouvernance, tous les acteurs sociaux concernés : collectivités territoriales, propriétaires et usagers, acteurs économiques, ONG... Elle doit donc se faire à une échelle territoriale adaptée.
- Mais elle doit aussi être située dans le cadre de politiques et de stratégies plus larges, établies au niveau des Etats et de leurs subdivisions régionales, et faire l'objet de mécanismes de suivi et d'évaluation adaptés.
- La coopération entre pays du bassin méditerranéen est plus que jamais extrêmement importante, au plan intellectuel (recherche, échange et développement d'expériences innovantes, enseignement supérieur et technique, information) et au plan opérationnel (moyens, notamment aériens, de lutte contre les grands incendies).

PART III- Chapter 10

Water for energy/energy for water and climate change in the Mediterranean

In the Mediterranean-rim countries, water resources are limited and unevenly distributed over space and time. Southern rim countries can count on only 13% of total resources. The Mediterranean countries' water demand, having doubled up within the second half of the twentieth century, is expected to increase by about 50 km³ by 2025 to reach some 330 km³/year, well beyond the renewable resource stock⁶. Climate change will deepen the gap between water demand and the available resources.

Water and climate change: impacts on energy production

- Water is essential to the production of electricity. It is the "fuel" of hydroelectric power, but also the cold source of power stations. 13% of the electricity generated in the Southern and Eastern Mediterranean countries is hydroelectric, with the rest coming from power stations.
- The fight against climate change is one of the great challenges facing energeticians. Climate variability is the source of many hazards and has a very strong impact on almost all of the electricity production consumption cycle. Some countries have already registered a significant drop in their hydroelectric production due mainly to the decrease in the amount of surface water at the dams. The increased temperature of rivers may result in a significant decrease in electricity production in so far as the discharge temperature downstream power stations must not exceed a limit value.
- A good and long-term analysis of climate change impact on water flows and river temperatures is essential for the design and future management of electricity production plants. Thus, it is essential to continue to acquire knowledge on the availability of water resources and the factors that affect its quality.
- Improving the efficiency of existing hydroelectric plants and installing energy transfer stations by pumping are solutions under consideration to cope with the growth in energy needs. The development of micro-hydroelectric power plants, the links between hydro and wind energy and the potential of marine energy are other areas of investigation.

Water and climate change: impacts on energy consumption

- Energy needs for water will highly increase due to i) the increase in water demand, exacerbated by climate change, ii) the exploitation of increasingly remote water resources (deep groundwater resources, water transfers) and iii) the development of non conventional water production (desalination, reuse), notably as adaptation option to climate change and to face crisis situations.
- The current electricity needs for water production and mobilization represent 5% (for the North Mediterranean) to 10% (South and East) of the total demand for electricity. By 2025, this figure could reach 20% in the Southern and Eastern countries.
- The first response to the increasing demand for water and the growing pressures on resources is the development of water rational use policies, and this in the different using sectors.

⁶ To complete the specific « Water, energy and climate change » issue presented here, refer to the general works on water carried out by Plan Bleu: <http://www.planbleu.org/themes/eau.html>

- If the desalination techniques are now well controlled, their implementation requires large amounts of energy which are both costly (the cost of water produced through desalination of sea water would be at least twice higher than the one of conventional water, without taking into account the high capital costs) and potential sources of greenhouse gas emissions. The reuse of treated wastewater is a less costly solution in energy.
- Estimating the energy required for irrigation, the largest water consumer sector in the Mediterranean is essential to ensure the sustainability of irrigated agriculture. It requires to reinforce, at local level, the collection of data concerning the amounts of water withdrawn and used, as well as the various items of energy consumption.
- In the Mediterranean, the interactions between water and energy are very strong and vulnerable to climate change. This reinforces the need to develop strategies for integrated management of water resources and energy, with a prospective vision.
- In order to avoid any kind of development encouraging unsustainable patterns of production and consumption, the valorization of produced water and the possibilities for renewable energy development and measures for the rational use of energy for non conventional water production should be considered.

PARTIE III- Chapitre 10

Eau/énergie, Énergie/eau et changement climatique en Méditerranée

Dans les pays du pourtour méditerranéen, les ressources en eau sont limitées et inégalement réparties dans l'espace et dans le temps ; les pays de la rive Sud ne sont dotés que de 13% du total. La demande en eau des pays méditerranéens, ayant doublé au cours de la 2ème moitié du XXème siècle, devrait augmenter d'environ 50 km³ d'ici 2025 pour atteindre près de 330 km³/an, soit un niveau difficilement compatible avec les ressources renouvelables⁷. La pénurie croissante des ressources en eau dans une partie de la région devrait, de plus, être accentuée sous les effets du changement climatique.

Eau et changement climatique : impacts sur la production d'énergie

- L'eau est essentielle à la production d'électricité. Elle constitue le « combustible » des centrales hydroélectriques mais est aussi la source froide des centrales thermiques. 13% de l'électricité produite dans les pays du Sud et de l'Est de la Méditerranée est d'origine hydraulique, le reste provenant de centrales thermiques.
- La lutte contre le changement climatique est un défi prioritaire se posant aux énergéticiens. La variabilité du climat, source de nombreux aléas, a une incidence très forte sur la quasi totalité du cycle de production-consommation d'électricité. Certains pays ont déjà enregistré une baisse significative de leur production hydroélectrique due à la diminution des apports en eaux de surface au niveau des barrages. L'augmentation de la température des cours d'eau peut engendrer une diminution importante de la production électrique du fait des valeurs limites à respecter pour la température des rejets en aval des centrales.
- Une bonne analyse de l'impact du changement climatique, à long terme, sur les débits et températures des cours d'eau est primordiale pour la conception et la gestion future du parc de production d'électricité. Il est pour cela indispensable de continuer à acquérir de la

⁷ Pour compléter le sujet spécifique « Eau, énergie et changement climatique » présenté ici, se reporter aux travaux généraux conduits par le Plan Bleu sur la thématique de l'eau : <http://www.planbleu.org/themes/eau.html>

connaissance sur la disponibilité de la ressource en eau et sur les facteurs qui influent sur sa qualité.

- L'amélioration de l'efficacité des centrales hydroélectriques existantes et l'installation de stations de transfert d'énergie par pompage sont des solutions envisagées pour faire face à la croissance des besoins énergétiques. Le développement de micro-centrales hydroélectriques, les liens entre énergie hydraulique et énergie éolienne et les potentialités offertes par les énergies marines constituent d'autres champs d'investigation.

Eau et changement climatique : impacts sur la consommation d'énergie

- Les besoins en énergie pour l'eau sont appelés à croître fortement du fait i) de l'augmentation de la demande en eau, accentuée par le changement climatique, ii) de l'exploitation de ressources en eau de plus en plus lointaines (nappes souterraines profondes, transferts d'eau) et iii) du développement des productions d'eau non conventionnelles (dessalement, réutilisation), notamment comme option d'adaptation au changement climatique et pour faire face aux situations de crises.
- Les besoins actuels en électricité pour la production et la mobilisation de l'eau représenteraient de 5% (Nord de la Méditerranée) à environ 10% (Sud et Est) de la demande totale en électricité. A l'horizon 2025, ce chiffre pourrait atteindre 20% dans les pays du Sud et de l'Est.
- La première réponse à l'augmentation de la demande en eau et aux tensions sur la ressource consiste en la mise en place de politiques d'utilisation rationnelle de l'eau, ce dans les différents secteurs d'usage.
- Si les techniques de dessalement d'eau de mer ou saumâtre sont aujourd'hui bien maîtrisées, leur mise en œuvre requiert d'importantes quantités d'énergie à la fois coûteuses (le coût de l'eau ainsi produite serait au moins 2 fois plus élevé que celui de l'eau produite de manière conventionnelle, ce sans tenir compte de l'investissement initial élevé) et sources d'émissions de gaz à effet de serre. La réutilisation des eaux usées épurées s'avère une solution moins coûteuse en énergie.
- L'estimation des besoins en énergie pour l'irrigation, premier secteur consommateur d'eau en Méditerranée, est indispensable pour assurer la durabilité de l'agriculture irriguée. Elle requiert le renforcement, au niveau local, de la collecte de données relatives aux quantités d'eau prélevées et utilisées ainsi qu'aux différents postes de consommation d'énergie.
- En Méditerranée, les interactions entre eau et énergie sont très fortes et vulnérables au changement climatique, d'où la nécessité de mettre en place des stratégies de gestion intégrée des ressources en eau et en énergie, ce avec une vision prospective.
- Afin d'éviter tout type de développement encourageant des modes de production et de consommation non durables, il convient de s'interroger sur les valorisations de l'eau produite et sur les possibilités de développement des énergies renouvelables et d'actions d'utilisation rationnelle de l'énergie pour la production d'eau non conventionnelle.

PART III- Chapter 11

Cross cutting challenges: energy/tourism/cities and climate change

Tourism

Tourism, both national and international, is a major activity for most of the 21 countries of the Mediterranean basin. Indeed, they receive over 30% of international tourism, which represents a major source of foreign currency. The most attractive countries of the Southern and Eastern rims of the Mediterranean are Turkey, Egypt, Tunisia and Morocco, which received in 2005 respectively 20, 8.2, 6.4 and 5.8 million international tourists.

However, this sector is quite vulnerable to climate change. The Northern and Eastern Mediterranean rims stand out, especially in view of the forecasts of increased frequency of droughts and heat waves potentially affecting directly tourism frequentation. Low lying coastal areas are particularly exposed. In Tunisia, for instance, where 90% of the accommodation capacity is located on the coast, the Gulf of Gabès seems to be quite vulnerable. The same applies to the Mediterranean coast of Egypt, where domestic tourism reports a rapid development. The aggravation of natural resources scarcity (such as water), to which tourism contributes, is also a factor which could affect negatively tourism activities.

It is also proven that the contribution of tourism to global CO₂ emissions is about 5%, of which three quarters must be ascribed to transport (Céron, 2007). The continuation of the trends observed (business-as-usual scenario) reveals that the growth of tourism could generate GHG emissions likely to reach 152% by 2035 (Céron, 2007), thus playing a major role in the aggravation of climate change, itself causing, in fine, great economic losses in this sector.

In terms of adaptation, the tourists themselves will probably reconsider the choice of their destination as the climate conditions deteriorate in the Mediterranean destinations.

However, the shift of the tourism activity to less exposed zones is not always possible, in particular for the small local operators strongly attached to a given location. To mitigate such losses, it seems necessary to anticipate the future impacts within the current investments, which requires climate information that is not always available (vulnerability maps) (Billé, 2007).

The eliciting of solutions is currently focused on adaptation options that are low CO₂ emitter, such as:

- establishment of the facilities in areas not exposed to variations of sea level and to increased frequency of extreme events,
- tourism offers that minimise water and land wastages,
- environmental management and energy efficiency in tourism facilities (buildings in particular), thus allowing, at the same time, to cater for the comfort needs of tourists and to reduce GHG emissions,
- better control over air transport, a highly GHG emitting sector, by acting—for instance—on the frequency of departures, especially for very long routes. It requires a change in the mindset, in the travel culture, of the future generations.

Urban areas

Cities and urban areas are, quite rightly, considered as sites of high carbon dioxide emissions into the atmosphere (housing and buildings, transport, industry). At the same time, climate change brings a “natural” risk dimension to bear on cities. Their future, thus, constitutes a major stake.

In the whole of the twenty one riparian countries of the Mediterranean, the urban population—living in conurbations of over 10 000 inhabitants—passed from 94 million in 1950 (44% of the population) to 274 million in 2000 (64%). The Southern and Eastern Mediterranean Countries (SEMCs) report an accelerated urbanization (74% of the population of the SEMCs would be urban by 2025), owing to a still steady demographic growth, interurban migrations, as well as a rural migration which continues to prevail in certain countries.

By 2025, the urban population is likely to exceed 243 million in the SEMCs (representing 74% of the urban population of 2025 and 100 million more than in 2000).

These evolutions, associated with urban development patterns that are hardly under control, in particular on the socio-spatial level, exacerbate the vulnerability of Mediterranean cities vis-à-vis the impacts of climate change.

Owing to the very nature of the urban structure, local **warming** is more exacerbated in the city than in the surrounding country. In the Mediterranean, the unregulated, high-density housing areas, are particularly exposed to extreme events (floods, landslides) whose frequency and intensity are likely to increase in the future. Cities located in very low-lying coastal areas and in delta zones will have to contend with **the rise in sea level**. The city of Alexandria, but also the cities of Rosetta and Port Saïd, are particularly vulnerable: a rise in sea level by 50 cm is likely to entail the loss of 200 000 jobs and incur the loss of 30 billion dollars in farmland and housing infrastructures (*business-as-usual* scenario) (El Raey, 2007).

Apart from the displacement of the populations of low-lying coastal areas to higher altitude areas or the installation of efficient coastal protection, which could take between 20 and 30 years, the building and the transport sector are huge area of potential action.

The construction and transport sectors account for the most significant energy consumption rates in urban environment, together with the most GHG emitting sectors.

The construction sector (residential and tertiary) holds a quite high potential of energy efficiency and of recourse to renewable energies. Those options in this sector are at same time adaptation and mitigation action (e.g.: better insulation of buildings against heat wave). It justifies to give it a priority. The tapping of this potential is met with two major difficulties: the first one involves the stock of new housing units and relates to the difficulty of introduction of the known technical solutions in a market characterized by a large portion of self-construction; the second one involves the stock of existing and old dwellings—which is quite considerable in the Mediterranean—and relates to the difficulty of improving and replicating, on a significant scale, the renovation and rehabilitation techniques.

The urban transport sector raises more daunting problems than those related to construction. The increase in power consumption is quite rapid in the underlying scenarios. In the emissions stabilisation strategies, two main pathways are explored: on the travel supply side, this involves the development of public transport networks and modal transfer policies; on the travel demand side, the solutions belong in the urban policies combining functional mixes and land cover densities, in order to contain urban sprawl. This is admittedly a more difficult course of action, though not the less urgent.

PARTIE III- Chapitre 11

Défis intersectoriels: énergie/tourisme, villes/énergie et changements climatique

Le tourisme

Le tourisme est une activité majeure pour la plupart des 21 pays du bassin méditerranéen. Ils accueillent plus de 30% du tourisme international, qui constitue une importante source de devises. Les pays de la rive Sud et Est les plus attractifs de la région sont la Turquie, l’Egypte, la Tunisie et le Maroc, qui accueillaient en 2005 respectivement 20, 8,2, 6,4 et 5,8 millions de touristes internationaux.

Or, le tourisme compte parmi les secteurs les plus exposés au climat. Le Nord et l’Est de la Méditerranée se distinguent en raison notamment des prévisions de fréquence accrue des sécheresses et des vagues de chaleur pouvant affecter directement la fréquentation touristique. Les zones côtières basses sont particulièrement exposées. En Tunisie par exemple, où 90% de la capacité d’accueil est installée sur la côte, le Golfe de Gabès semble très vulnérable. Il en va de même de la côte méditerranéenne de l’Egypte, où le tourisme domestique se développe rapidement. L’accentuation du manque de ressources naturelles (par exemple l’eau), à la quelle le tourisme contribue, est aussi facteur de réduction d’activité touristique.

Il est aussi avéré que la contribution du tourisme aux émissions de CO₂ mondiales est de l’ordre de 5%, dont les trois quarts doivent être imputés au transport (Céron, 2007). La prolongation des tendances observées (scénario business as usual), indique que la croissance du tourisme pourrait générer des émissions de gaz à effet de serre pouvant atteindre 152% à l’horizon 2035 (Céron, 2007) et donc jouer un rôle majeur dans l’aggravation du changement climatique lui-même responsable, in fine, de larges pertes économiques dans ce secteur.

En termes d’adaptation, les touristes modifieront probablement d’eux-mêmes le choix de leur destination au fur et à mesure que les conditions climatiques se dégraderont dans les destinations méditerranéennes. Cependant, le déplacement de l’activité touristique vers des zones moins exposées n’est pas toujours possible. Et, si il semble nécessaire d’anticiper les impacts futurs dans les investissements d’aujourd’hui, mais ceci demande des informations climatiques pas toujours disponibles (cartes de vulnérabilité) (Billé, 2007).

La question de la mise en place de mesures d’adaptation est actuellement peu abordée bien qu’il soit désormais évident que le tourisme en Méditerranée requiert une attention spécifique dans le cadre du changement climatique.

Secteur à la fois vulnérable et contribuant au changement climatique, la recherche de solutions s’oriente vers des mesures d’adaptation à faible émission, notamment :

- la localisation des installations dans des zones non exposées à des variations du niveau de la mer et à l’augmentation de la fréquence des événements extrêmes,
- des offres touristiques limitant le gaspillage des ressources en eaux et en sols,
- le management environnemental et la maîtrise de l’énergie dans les installations touristiques (bâtiments en particulier), permettant à la fois de répondre aux besoins de confort des touristes et de limiter les émissions de GES,
- une meilleure maîtrise des transports aériens, fortement émetteurs de gaz à effets de serre, en jouant par exemple sur la fréquence des départs notamment pour les très longs trajets, ce qui suppose des changements de mentalité et de la culture du voyage..

Les espaces urbains

Les villes et espaces urbains sont des lieux de fortes émissions de dioxyde de carbone dans l'atmosphère (habitat et bâtiments, transports, industrie). Dans le même temps, le changement climatique apporte une dimension de risque « naturel » sur les villes.

Dans l'ensemble des vingt-et-un pays du pourtour méditerranéen, la population urbaine – résidant dans des agglomérations de plus de 10 000 habitants – est passée de 94 millions en 1950 (44% de la population) à 274 millions en 2000 (64%).

Les pays du sud de la Méditerranée connaissent une urbanisation accélérée, en raison d'une croissance démographique encore soutenue, de migrations interurbaines et d'un exode rural qui se maintient dans certains pays. Ainsi vers 2025, dans les pays Est et Sud, la population citadine pourra atteindre plus de 243 millions (soit 74% de la population totale de 2025 et 100 millions de plus qu'en 2000). Un gros tiers de cette croissance aura lieu dans les régions côtières méditerranéennes (Plan Bleu, 2005).

Ces évolutions associées à des modes de développement urbain mal maîtrisés, notamment sur le plan socio-spatial, accentuent la vulnérabilité des villes méditerranéennes face aux effets du changement climatique.

Du fait même de la structure urbaine, le réchauffement local est plus accentué en ville que dans les campagnes environnantes. En Méditerranée, les zones d'habitat spontané, très densément peuplées, sont particulièrement exposées aux événements extrêmes (inondations, glissements de terrain) dont la fréquence et l'intensité pourront s'accroître à l'avenir. Les villes situées sur les zones côtières très basses et dans les zones de deltas devront affronter la montée du niveau de la mer. Par exemple, La ville d'Alexandrie, mais aussi Rosetta et Port Saïd, sont particulièrement vulnérables : une élévation du niveau de la mer de 50 cm pourrait entraîner la perte de 200 000 emplois et 30 milliards de dollars de pertes de terres agricoles et d'infrastructures d'habitations (scenario business as usual) (El Raey, 2007).

Outre le déplacement de populations des zones côtières basses vers des zones plus hautes, ou la mise en place des protections côtières efficaces, ce qui pourrait prendre 20 à 30 ans, les secteurs du bâtiment et des transports présente un fort potentiel d'actions.

Le secteur du bâtiment (résidentiel et tertiaire) présente un très fort potentiel d'efficacité énergétique et de recours aux énergies renouvelables. Ces options dans ce secteur sont des actions d'adaptation au changement climatique (meilleure isolation par exemple) permettant de limiter les émissions de CO₂, ce qui justifie d'autant plus la nécessité de leur donner la priorité. L'exploitation de ce potentiel se heurte à deux difficultés de taille : pour le parc de logements neufs, la difficulté d'introduction des solutions techniques connues dans un marché caractérisé par la part considérable de l'autoconstruction ; pour le parc de logements existants et anciens, très important en Méditerranée, la difficulté d'améliorer et de multiplier, à des échelles significatives, les techniques de rénovation et réhabilitation.

Le secteur des transports urbains pose des problèmes plus redoutables que le bâtiment. La croissance des consommations énergétiques est très rapide dans les scénarios tendanciels. Dans les stratégies de stabilisation des émissions, deux voies principales sont explorées : du côté de l'offre, le développement de réseaux de transports collectifs et les politiques de transfert modal ; du côté de la demande de déplacements, les solutions relèvent des politiques urbaines conjuguant mixité fonctionnelle et densités d'occupation des sols, afin de contenir l'étalement urbain. C'est une voie certainement plus difficile mais l'action dans ce domaine n'en est pas moins urgente.