

Royaume du Maroc
Haut Commissariat au Plan

P r o s p e c t i v e

MAROC 2030

Actes du séminaire

Prospective
énergétique
du Maroc

Enjeux et défis

P r o s p e c t i v e
MAROC 2030

Actes du séminaire

Prospective
énergétique
du Maroc

Enjeux et défis

AVANT-PROPOS

Sous le Haut Patronage de Sa Majesté le Roi Mohammed VI, le Haut Commissariat au Plan conduit une réflexion prospective dans le cadre d'une approche renouvelée de planification du développement économique et social du Maroc, privilégiant une démarche à caractère stratégique.

Cette réflexion, menée sous le titre « Prospective Maroc 2030 », vise à explorer les futurs possibles de notre pays et les soumettre à un débat national avant d'aboutir au choix du scénario où il souhaiterait inscrire ses plans de développement. Cette réflexion à laquelle sera convié l'ensemble des acteurs de la vie politique, économique, sociale et culturelle privilégie une démarche participative.

La première phase de cet exercice, dite phase de la construction de la base, s'est articulée autour de plusieurs activités dont notamment :

- la conduite de deux forums : le premier, « Maroc 2030 : Environnement géostratégique et économique » organisé en trois sessions tenues entre les mois d'avril et mai 2005, et le second, « la société marocaine : permanences, changements et scénarios pour l'avenir », organisé en novembre 2005 ;
- l'organisation de conférences-débats sur des thèmes spécifiques ; elles furent animées par d'éminents spécialistes en prospective ;
- l'élaboration d'études thématiques et sectorielles sur les principales problématiques du développement du pays.

Parmi ces thématiques figure le secteur de l'énergie, qui a fait l'objet d'un séminaire en date des 9 et 10 juin 2006, à Casablanca. Au cours de ces journées, d'éminents experts nationaux et internationaux ont débattu des grandes problématiques énergétiques mondiales et de leurs impacts sur le futur, tout en examinant quelques pistes de réflexion sur le devenir du secteur énergétique national.

Le présent document présente l'ensemble des textes des intervenants, qu'il s'agisse des contributions écrites par leurs auteurs ou de synthèses effectuées à partir de la retranscription des exposés.

TABLE DES MATIERES

Discours introductif

- 7 M. Ahmed LAHLIMI ALAMI, Haut Commissaire au Plan
-

PREMIÈRE SÉANCE

- Perspectives énergétiques mondiales
11 Jean-Marie CHEVALIER
- Aspects géostratégiques de l'énergie
15 François SCHEER
- Vision globale et enjeux de l'énergie au Maroc
19 Patrick HAAS
- Les enjeux d'une vision globale
24 Moulay Abdellah ALAOUI
- Les enjeux technologiques de l'énergie
26 Jean-Pierre HAUET
- Enjeux technologiques de l'énergie, quelles stratégies pour le Maroc ?
35 Mohammed SMANI
-

DEUXIÈME SÉANCE

- Les hydrocarbures et leur place actuelle et future dans le bouquet énergétique dans le monde et au Maroc
43 Jean-Pierre FAVENNEC
- Maîtrise de l'énergie et efficacité énergétique
54 Pierre DELAPORTE
- Accès à l'énergie et sa maîtrise au Maroc, chiffres et éléments de réflexion
56 Amin BENNOUNA
- Développement durable et énergie, enjeux géopolitiques, géostratégiques et éthiques
68 Emile H. MALET
- Energies renouvelables, perspectives pour le Maroc à l'horizon 2030
79 Jacques VARET
- Propositions pour un réel partenariat Nord-Sud pouvant accélérer le développement des énergies renouvelables en Méditerranée
88 Saïd MOULINE

- Habitat et énergie
94 Cécile JOLLY
- Energie et habitat, enjeux d'avenir
96 Ali GUEDIRA

TROISIÈME SÉANCE

- Energie et sécurité des approvisionnements du Maroc
dans son contexte régional et international
101 Reinaldo FIGUEREDO
- L'énergie au Maroc à l'horizon 2030, des défis partagés
106 Jean-Paul BOUTTES
- Enjeux et stratégie énergétique pour le Maroc de demain
113 Abdelali BENCHEKROUN
- Une voie nucléaire pour le Maroc
118 Alain VALLEE
- Quel nucléaire pour le Maroc et quelle coopération
avec les pays maîtrisant le domaine ?
121 Oum Keltoum BOUHLAL
- La politique énergétique de l'Union européenne et ses liens avec la Méditerranée
128 Dominique RISTORI
- Transport et énergie au Maroc : contexte, défis à relever et recommandations
132 Hamid ZHAR
- Les changements climatiques : du diagnostic scientifique à la décision
140 Hervé LE TREUT
- Les changements climatiques au Maroc, adaptation des discours
et vulnérabilité des actions
142 Abdeslam DAHMAN
-
- Conclusion : le bouquet marocain
145 Emile H. MALET

Discours introductif

M. Ahmed LAHLIMI ALAMI

Haut Commissaire au Plan

Mesdames et Messieurs,

Ce séminaire sur la prospective énergétique du Maroc s'inscrit dans la réflexion prospective conduite par le Haut Commissariat au Plan, sous le Haut Patronage de Sa Majesté le Roi Mohammed VI. Privilégiant une démarche à caractère participatif, cette réflexion, menée sous le titre « Prospective Maroc 2030 », se propose l'exploration des futurs possibles de notre pays à soumettre à un large débat national, avant de dégager le ou les scénarios où notre pays envisagerait d'engager la planification stratégique de son développement économique et social.

A cet effet, outre l'organisation des forums autour des problématiques liées à l'évolution de notre environnement géostratégique et économique ou encore à nos réalités sociétales, nous avons procédé à la réalisation d'une série d'études et d'enquêtes et conduit plusieurs travaux d'analyse portant sur les sources de croissance de l'économie marocaine depuis 1960, les structures de production économique et les rapports entre croissance et emploi. Les résultats de ces travaux sont, aujourd'hui, largement mis à profit pour la construction de modèles dégageant les rapports prospectifs entre croissance économique, développement humain et pauvreté. De même, une analyse approfondie de l'impact de la transition démographique que connaît notre pays sur le devenir économique et social du Maroc à l'horizon 2030 intervient, comme épine dorsale, dans le programme qui devrait aboutir aux scénarios globaux du « Maroc 2030 ».

Parallèlement à cette démarche globale, nous avons opté pour une analyse prospective spécifique de trois secteurs en raison soit de leur poids actuel et futur sur l'évolution de notre pays, c'est le cas en particulier de l'agriculture, soit du caractère prioritaire que leur confère l'orientation de la politique gouvernementale, c'est le cas évidemment du tourisme, soit, enfin, de la dimension qu'ils revêtent dans notre pays en raison des contraintes qu'ils constituent pour le développement durable et la compétitivité de notre pays, c'est le cas typique de l'énergie qui fait l'objet, aujourd'hui, de notre séminaire.

Mesdames et Messieurs,

Jamais autant l'énergie n'a été, dans le monde actuel, une question au centre de l'inquiétude des gouvernements et, de plus en plus, des opinions publiques. La conscience des conséquences des émissions de gaz carbonique et de leurs effets sur les conditions climatiques et l'avenir de la planète n'est pas étrangère à l'universalité de cette inquiétude. De ce fait, la maîtrise de l'énergie, le développement des énergies renouvelables, celui du nucléaire et, enfin, le renforcement de la recherche dans le domaine des nouvelles technologies énergétiques sont devenus des sujets centraux dans les stratégies de développement des nations et de la communauté internationale.

Le Maroc n'est pas resté en dehors de cette prise de conscience. En outre, la place qu'occupe la sécurité énergétique dans la politique gouvernementale dans les débats au sein du parlement et l'intérêt croissant porté par les collectivités locales aux transports publics, la multiplicité de séminaires organisés autour du sujet en sont de remarquables illustrations. Les thèmes des rencontres encore récentes portent sur les perspectives des transports en relation avec l'énergie et les changements climatiques : « Intégration des énergies durables dans les activités économiques », « Energies renouvelables et sécurité énergétique ». Ces rencontres sont organisées à l'initiative d'opérateurs économiques dans le cadre de la Fédération de l'énergie ou d'institutions professionnelles telles que la Chambre de commerce allemande au Maroc, ou encore par des associations de la société civile. C'est dire que la question est d'actualité et la conscience de son acuité réelle.

Mesdames et Messieurs,

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

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

D'une façon générale, on estime que si le Maroc devait, en 2030, atteindre un niveau de consommation énergétique équivalent à la moyenne internationale actuelle, il devrait disposer de 60 millions TEP, soit quatre fois le niveau de consommation actuel.

Il est compréhensible que tous les responsables dans notre pays soient fortement interpellés par ces données, au moment où le pays se mobilise pour la réalisation du programme conçu et parrainé par Sa Majesté le Roi sous l'appellation d'Initiative nationale pour le développement humain. Ce programme, qui procède d'une vision globale du développement humain durable, revêt, aux yeux du peuple marocain, de par son envergure et la Haute Autorité de Son Initiateur, la dimension d'un véritable chantier de règne. L'amélioration des niveaux de vie qui en est attendue, notamment dans le monde rural, devrait, de toute évidence, s'accompagner d'une accélération de la consommation d'énergie. Déjà, les enquêtes sur la consommation des ménages avaient montré que, de 1985 à 2001, malgré un développement

humain limité, les dépenses des ménages en électricité et en butane ont augmenté de 9,1% par an, soit un rythme deux fois plus élevé que celui de la dépense par habitant.

Pour faire face à cette situation, le Maroc mise, en premier lieu, sur les effets d'une politique de réforme institutionnelle du secteur et de libéralisation du marché énergétique. Déjà, l'opérateur public ne contribue plus, aujourd'hui, que pour 32 % de la production d'électricité alors que le secteur des hydrocarbures et celui de la distribution de l'électricité sont complètement libéralisés. Par ailleurs, de par sa position géographique, le Maroc est devenu membre du forum euro-méditerranéen et a facilité la réalisation d'interconnexions électriques et gazières permettant, dans un cadre de complémentarité des ressources et des réseaux, d'optimiser les investissements et de mieux sécuriser l'approvisionnement.

Par ailleurs, la recherche et l'exploitation pétrolières ont bénéficié, au cours de la période 2000-2005, d'un contexte de dynamisme nouveau grâce, notamment, à l'amendement, dans un sens particulièrement libéral, du code des hydrocarbures. Les investissements dans la recherche pétrolière ont ainsi été multipliés par quatre en moins de cinq ans, et le nombre de sociétés opérant dans le domaine de l'exploration et de la production pétrolières par deux et demi.

Outre les espoirs fondés sur les indices prometteurs relevés par les prospections en cours, le Maroc, grâce à une meilleure gestion de ce secteur, ne manque d'ores et déjà pas de marges potentielles pour réduire sa dépendance énergétique et ce, grâce à une conversion plus efficace des combustibles fossiles, la cogénération combinant la production d'électricité et de chaleur et une utilisation des combustibles fossiles à faible teneur en carbone qui peuvent en constituer des vecteurs appréciables. Un gisement important d'économie réside sûrement dans la réduction de la consommation dans le domaine des transports, notamment par le rajeunissement du parc automobile, l'introduction de véhicules à faible intensité énergétique, l'utilisation du GPL (gaz de pétrole liquéfié) et, surtout, le renforcement du transport en commun.

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

Enfin, les opportunités offertes par le développement du nucléaire présentent un autre potentiel à explorer. Malgré la complexité et le coût des technologies requises par cette forme d'énergie, notre pays se doit cependant d'inscrire, dès à présent, sa réflexion et ses études dans cette perspective que plusieurs pays aujourd'hui considèrent de plus en plus comme incontournable.

Mesdames et Messieurs,

Dans le contexte international, fortement perturbé et d'une visibilité douteuse, le Maroc se doit de penser son avenir et de préparer ses options pour des scénarios du futur souhaitable et possible. La vision du futur énergétique ne peut, cependant, être envisagée sans être insérée dans le cadre plus large des impératifs du modèle de société démocratique, juste, tolérante et ouverte auquel aspire le pays. Les choix technologiques, les rapports économiques, sociaux et culturels devraient avoir un impact évident sur le mode de gestion de ce secteur, et ce mode de gestion doit, à son tour, nécessairement impacter, d'une manière forte, l'évolution des niveaux de disparité géographique et sociale que le pays doit résorber.

La montée en puissance du rôle du consommateur mondial, ses exigences croissantes en matière d'environnement et de traçabilité des produits auraient, par ailleurs, une aussi évidente influence sur le choix du contenu en énergie des biens exportables et donc sur les options du tissu économique de la société de demain.

Mesdames et Messieurs,

L'énergie est l'un des secteurs qui est appelé, probablement, à induire un changement historique dans les fondements des relations économiques internationales. La problématique que soulève l'évolution de ces données et leurs implications transcendent, de par leur nature, le volet économique et les espaces nationaux. La sécurité énergétique s'imposera de plus en plus comme une exigence aux niveaux régionaux et mondiaux. Ses solutions seront une responsabilité éminemment collective qui impliqueront de plus en plus tous les pays, qu'ils soient producteurs d'énergie ou qu'ils en soient dépourvus.

Il apparaîtra ainsi, d'une façon croissante, que les solutions qu'elle requiert seront régionales et internationales ou ne seront pas, face aux défis communs à tous qu'affronte la communauté internationale, non seulement ceux du développement durable mais aussi ceux de sa condition nécessaire, à savoir la paix entre les peuples et la fin de la violence et du terrorisme. Dans ce cadre, permettez-moi, s'agissant du Maroc et de notre région, d'émettre le vœu que les pays du Maghreb sauront dépasser les conflits artificiels qui les opposent, pour s'imposer la sagesse commandée par leur histoire commune et leur avenir solidaire et mobiliser leurs potentialités au service du bien-être durable de leurs peuples.

Mesdames et Messieurs,

Pendant ces deux jours, nous aurons le plaisir et l'intérêt d'écouter, avec une attention particulière, d'éminents intervenants sur les différents aspects liés au thème de notre séminaire. Je suis convaincu qu'en présence de cet aréopage nous n'aurons aucune difficulté à détecter d'intéressantes pistes de réflexion pour une meilleure appréhension des déterminants permettant la construction de scénarios crédibles pour le Maroc de 2030.

PREMIÈRE SÉANCE

Perspectives énergétiques mondiales

Jean-Marie CHEVALIER

Professeur à l'Université Paris IX-Dauphine-CGEMP

Je voudrais, modestement, partager avec vous quelques idées générales sur la situation actuelle et future de l'énergie mondiale. On n'est pas aujourd'hui face à un choc pétrolier, mais beaucoup plus face à un changement de paysage que j'illustrerai par les faits suivants :

- On a vécu pendant un siècle et demi avec une énergie abondante et bon marché. Cette situation est révolue, et on va vers un monde où l'énergie sera plus chère et plus rare et, peut-être, à long terme, vers un monde à l'énergie bon marché mais encore à inventer.
- Depuis à peu près deux ans, la question de l'énergie est indissociablement liée à la question de l'environnement et du changement climatique. C'est nouveau, de plus en plus fort, de plus en plus préoccupant et, en même temps, marqué par de grandes incertitudes.
- On est donc dans un monde énergétique devenu complètement global, d'une étonnante complexité, avec des risques et beaucoup d'incertitudes. Une décision prise en Bolivie, dans le cadre de cette globalisation, peut, par exemple, avoir un impact sur le prix de l'électricité en Europe.

Dans ce nouveau contexte, les décisions stratégiques des entreprises et les politiques énergétiques des gouvernements sont beaucoup plus difficiles qu'elles pouvaient l'être il y a une vingtaine d'années. A mon avis, cela implique beaucoup de modestie, de réflexion et de savoir.

Le grand défi du siècle est d'arriver à avoir plus d'énergie pour permettre aussi le développement des pays du Sud, sachant que deux milliards d'individus n'ont pas accès aux sources d'énergie modernes. Il faudrait donc plus d'énergie, tout en tenant compte des problèmes liés au changement climatique et à l'environnement. C'est la première fois dans l'histoire de l'humanité que nous avons un bien public collectif, le climat, qui appartient à 6 milliards d'individus, qui seront 9 milliards avant la fin du siècle. La préoccupation du climat émerge et requiert une gestion collective.

La demande énergétique mondiale est satisfaite à raison de 36 % par le pétrole, 23 % par le charbon et 22 % par le gaz. Autrement dit, 80 % de la consommation provient des trois grandes énergies fossiles qui, par définition, sont épuisables. Evidemment, ce bilan mondial est très différent d'un pays à l'autre. Le Maroc s'adresse plus au pétrole et au charbon, la France au nucléaire, alors que la Chine à un mix énergétique composé à 66 % de charbon et seulement 20 % de pétrole. Les Etats-Unis ont plutôt un bilan analogue au bilan mondial. On a à la

fois des différenciations, mais en même temps un bilan mondial à gérer en commun, marqué par d'extraordinaires rigidités. En effet, derrière les chiffres, il y a des rigidités structurelles physiques (des oléoducs, des raffineries, des bateaux, un parc automobile, des stockages) et comportementales (les habitudes des gens qui prennent leurs voitures ou leurs mobylettes tous les jours). Tout ceci ne change pas du jour au lendemain.

Pour prospecter l'avenir de l'énergie, l'expérience a montré qu'on n'a pas su prévoir et qu'on s'est tellement trompé dans le passé. L'approche des scénarios est plus commode, et la démarche initiée par le HCP est fondamentalement intelligente. L'idée est de se dire : puisqu'on ne peut pas prévoir, on est suffisamment intelligent pour essayer de voir quelles sont les images possibles de futurs différents. On est incapable de calculer la probabilité de chacune des images, mais on sait les mettre en évidence. L'idée des scénarios est donc de réfléchir puissamment sur l'avenir avec tous les éléments qui sont derrière chacun d'eux et de voir comment faire pour s'y adapter. L'idée des scénarios est aussi intéressante pour les compagnies, dont certaines sont très pointues pour la construction de scénarios, que pour un gouvernement ou une institution internationale. L'une d'entre elles est l'Agence internationale de l'énergie, qui siège à Paris et qui regroupe les pays de l'OCDE. Ce qui est nouveau dans le langage d'aujourd'hui, c'est qu'un scénario à politique énergétique inchangée n'est plus possible, n'est plus soutenable. Il y a trop de pétrole, trop de gaz, trop de charbon, trop de CO₂ et trop d'émissions. On est dans un moment de l'histoire où, si rien ne change dans les comportements et les politiques, nos scénarios vont nous conduire droit dans le mur. En revanche, on peut faire des scénarios très volontaristes, mais on se demande comment y arriver.

On est à un carrefour où l'ajustement se fera par les prix, argument qui fait penser qu'on va vers des prix plus élevés. Derrière ce paysage mondial, il y a le problème des réserves et les idées de deux grandes écoles : les pessimistes (géologues) et les optimistes (économistes). Les réserves prouvées récupérables, c'est-à-dire prouvées aux conditions techniques et économiques d'aujourd'hui, peuvent être comparées à la consommation annuelle. On obtient ainsi un ratio (réserves de pétrole/consommation). En 1973, au moment du choc pétrolier, ce ratio était de 30 ans, ce qui était totalement faux.

Aujourd'hui, le ratio est de 47 ans. On a fait des progrès technologiques extraordinaires, on a pu forer dans des endroits où l'on n'imaginait pas pouvoir le faire il y a 30 ans. Donc, le volume des réserves a évolué d'une façon assez mécanique. Les réserves se présentent comme une multitude d'éponges, et le problème réside dans leur taille et dans la technologie qui permet d'augmenter la récupération sur les gisements.

Les réserves recouvrent une notion flexible. Il est faux de dire que dans un certain nombre d'années, il n'y aura plus de pétrole. Il y en aura toujours, mais à quel prix ? Aura-t-on les technologies adéquates et fera-t-on les investissements nécessaires pour l'extraction ? La réponse est oui, mais les prix peuvent intervenir. On peut dire la même chose pour le gaz dont la similitude avec le pétrole est que les ressources sont très concentrées sur des pays à risque : 80 % des réserves de gaz, et 85 % des réserves de pétrole sont très concentrées sur une bande de pays, l'Amérique latine, l'Afrique du Nord et de l'Ouest, le Moyen-Orient, l'Asie centrale, la Russie et l'Indonésie. Or, ces pays sont à haut risque géopolitique, qui conditionne, entre autres, la réalisation des investissements. Les trois grands ensembles de consommation que sont l'Amérique du Nord, l'Europe et l'Asie s'adressent de plus en plus à ces pays producteurs. En 2004, la Chine a importé 2,5 millions de barils par jour pendant que les Etats-Unis, avec une croissance de 4 %, importaient 12,5 millions de barils par jour. Le poids des Etats-Unis est pour l'instant plus important que celui de la Chine ou des pays émergents.

Pour le charbon, il y a moins de risques, mais le problème se pose pour le climat et l'environnement. On parle beaucoup de technologie du charbon propre, mais la cherté du coût ne permet pas encore d'investissements dans ce domaine. Le charbon est à peu près réparti comme suit : 1/3 en Amérique, 1/3 en Eurasie (Russie, Europe) et 1/3 en Asie, Afrique, Australie. On a ainsi une meilleure répartition des ressources, mais le charbon reste une ressource épuisable.

Dans ce bilan général, quelles sont les tendances lourdes ?

- Le changement climatique est une réalité, mais nous ne savons pas quels vont en être les effets économiques, sociaux, climatiques, épidémiologiques, etc.
- Le poids de la situation américaine. Peut-on dire qu'on est dans un monde soutenable lorsque 5 % de la population mondiale consomme 25 % de l'énergie et est responsable pour 25 % des émissions de gaz à effet de serre ? La réponse est non, mais comment faire ?
- L'émergence des pays non OCDE, notamment la Chine et l'Inde, qui ont peu de ressources propres et qui vont aller en chercher ailleurs.
- Un lent redémarrage du nucléaire : on ne peut pas à la fois limiter les émissions de gaz à effet de serre et se passer du nucléaire. Celui-ci ne peut pas, non plus, remplacer les énergies fossiles. La Chine, bien qu'elle construira, comme prévu, une vingtaine de centrales nucléaires dans les 20 ans qui viennent, la part du nucléaire chinois passera de 1,5 % à 3 % seulement. Pour les Etats-Unis, la loi Bush d'août 2005, qui a débloqué un certain nombre d'incitations, va probablement permettre la construction de deux centrales dans les quinze ans qui viennent, mais ce n'est pas cela qui va bouleverser le bilan énergétique américain. Le nucléaire n'est donc pas la solution pour remplacer le charbon, le gaz naturel et le pétrole.

Quant aux énergies renouvelables, il y a un paradoxe. Elles sont toujours très chères par rapport au pétrole, même aux prix actuels. Le coût moyen mondial de production du pétrole est de 7 dollars le baril (un baril = 159 litres), alors qu'il se vend à 70 dollars sur le marché mondial et à 230 dollars à la pompe. Le pétrole reste bon marché malgré les prélèvements faits par les pays consommateurs sous forme de taxes à la consommation et autres.

Derrière ces tendances lourdes, il y a des incertitudes. Le changement de paysage énergétique n'a pas porté atteinte au trend de la croissance économique mondiale comme l'avait fait le deuxième choc pétrolier. Il est clair qu'il pourrait y avoir l'amorce d'une récession mondiale très différente en nature de celles des chocs précédents, car, par exemple, les économies des USA et de la Chine sont complètement liées, la croissance chinoise étant tirée par les importations américaines. S'il y a récession, il y a diminution de la demande et probablement arrêt des tensions sur les prix.

Selon l'Agence internationale de l'énergie, pour satisfaire nos besoins d'énergie selon un scénario donné, il faut investir 16 000 milliards de dollars dans les 30 ans qui viennent (10 fois le PIB de la France), dont 10 000 milliards pour l'électricité (production, transport, distribution), 3 000 milliards pour le gaz et 3 000 milliards pour le pétrole. Pour le charbon, on prévoit peu de choses.

L'énergie électrique est liée à la question du nucléaire, ce qui laisse planer, face à l'incertitude concernant les investissements dans ce domaine, des tensions supplémentaires sur les prix dans les années à venir.

Parmi les compagnies nationales des pays producteurs, beaucoup d'entre elles sont freinées dans leurs ambitions par des gouvernements qui veulent investir les bénéfices du pétrole dans le social (Venezuela, l'Algérie...), ce qui est un véritable sujet d'inquiétude. Mais les économistes

disent que l'ajustement se fera par des prix plus élevés qui permettront le rééquilibrage. Ceci se fera au détriment des plus pauvres de la planète. Le Maroc est typique d'un pays qui souffre beaucoup des prix élevés du pétrole, mais moins que certains pays d'Afrique. En France, les riches ne souffrent pas de la cherté du pétrole, en revanche, ceux qui habitent dans les banlieues en pâtissent.

Les pressions sur les prix peuvent aboutir à une aggravation des tensions sociales mondiales, à des inégalités et donc à un environnement violent. Il y a des problèmes mondiaux liés au changement climatique et à la transparence de l'argent du pétrole. De grandes incertitudes économiques, technologiques et de régulation planent autour du changement de mode d'organisation dans différents pays. On doit articuler différents niveaux de décision et de pouvoir et il faut plus de régulation mondiale et régionale aussi, ce qui est extrêmement important. En Europe on a réussi à créer une vision énergétique commune (l'efficacité énergétique, la diversification, la sécurité d'approvisionnement). Les nations ont aussi leur mot à dire. Les collectivités locales sont en mesure de donner des réponses énergétiques environnementales locales qui vont dans le sens des aspirations des citoyens du monde. Enfin, l'organisation des systèmes électriques aussi bien au Maroc qu'en France pose des problèmes énormes, et la construction des marchés électriques est un défi très difficile.

Que faire face à cette situation préoccupante, qui mérite d'être pensée et suivie ?

- L'efficacité énergétique : le potentiel est extraordinaire, mais on est très paresseux dans nos habitudes, nos structures, nos modes de transport, et cela devient de plus en plus contraignant, il faut donc agir de façon urgente, car c'est le seul moyen de limiter les dégâts dans un monde où les prix ne cesseront d'augmenter.
- La diversification des sources d'énergies : aucune d'entre elles n'est parfaite, et on est en train de découvrir les coûts de certaines formes d'énergie (les coûts du nucléaire sont assez mal connus) ; toute source d'énergie a un rôle à jouer.
- La décentralisation : il y a un avenir assez important pour les systèmes énergétiques décentralisés, en témoigne l'expérience marocaine ; l'électrification rurale est très intéressante (l'accès à l'électricité a enclenché le développement économique).
- La flexibilité : on peut jouer sur la diversité des énergies pour arbitrer.
- L'intelligence énergétique : il y a lieu de repenser les habitudes et les structures, imaginer et inventer de nouveaux modèles qui permettront de répondre à ces nouveaux défis.

Aspects géostratégiques de l'énergie

François SCHEER

Ancien ambassadeur de France

Conseiller du président du directoire d'AREVA

Depuis l'origine de l'humanité, la maîtrise de l'énergie est source de progrès, mais aussi objet de rivalités, entraînant désordres et conflits. Mais jamais autant qu'en ce début de 21^e siècle elle ne s'est trouvée au cœur d'événements qui décident de son avenir. La cause est connue : une *explosion de la demande énergétique*, qui s'impose soudain comme un facteur majeur de l'équilibre (ou du déséquilibre) du monde et met en demeure la communauté des nations de relever certains défis.

Cette explosion sans précédent de la demande d'énergie tient principalement à deux données : la croissance prévisible de la population et celle de l'économie dans le monde au cours des prochaines décennies.

De 6 milliards d'individus, *la population mondiale* atteindra vraisemblablement les 8 milliards d'ici à 2030, évolution qui représente déjà en soi un ralentissement de la croissance démographique, significative en tout cas dans les pays industrialisés dont la part dans la population de la planète passera dans le même temps de 30 à 10 %. Ce ralentissement pourrait s'accroître dans la seconde moitié du siècle : la population du globe atteindrait vers 2050 les 8,5 milliards d'habitants et se stabiliserait, après un pic de 9,2 milliards, autour de 9,1 milliards au tournant du siècle. Cette évolution devrait s'accompagner d'une forte diminution de la population rurale, qui ne devrait pas dépasser 3 milliards en 2030 : l'urbanisation accélérée de la planète ne sera évidemment pas sans conséquence sur la consommation d'énergie.

Quant à la *croissance économique*, elle serait de l'ordre de 3,1 % par an jusqu'en 2030, 2 % pour les pays développés et 4,3 % pour les pays en développement (y compris les pays émergents), dont la part dans le PIB mondial atteindra 60 % en 2030. Là aussi, une égalisation probable de la croissance mondiale, autour de 1,1 %, se produira à la fin du siècle. Bien que le rapport entre croissance et demande d'énergie soit généralement peu influencé par l'évolution des prix de l'énergie, celle-ci devrait néanmoins contraindre les pays industrialisés à un important effort en matière d'efficacité énergétique, et les pays en développement à en appeler à un surcroît de coopération internationale et de transferts technologiques.

Sous l'effet de ces deux facteurs, la croissance des besoins en énergie sera de l'ordre de 60 % d'ici à 2030, et aux deux tiers le fait des pays en développement (PED), qui consommeront quelque 60 % de l'énergie mondiale en 2050. Ce qui signifie que :

- la dépendance énergétique des grands pays consommateurs, industrialisés et émergents, s'accroîtra rapidement au cours des prochaines décennies, passant par exemple pour l'Europe de 50 à 70 % à l'horizon 2030 ;

- les mécanismes du marché mondial autant que l'état et la localisation des réserves minières conduiront à une consommation énergétique faite essentiellement d'énergies fossiles, particulièrement dans les PED, ce qui ne sera pas sans conséquence sur le changement climatique ;
- l'insuffisance des investissements dans l'exploration, la production et le raffinage des hydrocarbures, si elle n'était pas rapidement corrigée, entraînera une hausse des prix qui, à la longue, ne sera pas sans effet sur la croissance ;
- la dépendance énergétique n'est pas un problème en soi, mais elle le devient lorsque le déséquilibre entre l'offre et la demande crée des situations de confrontation entre producteurs et consommateurs, et plus encore entre consommateurs.

Et si l'on parle tant aujourd'hui de **sécurité énergétique**, c'est bien parce que le monde est entré dans un temps d'insécurité énergétique où se mêlent géographie des ressources, lois du marché, besoins de développement, contraintes environnementales, désordres mondiaux et jeux de puissance. Dans ce contexte surgissent les interrogations suivantes : comment répondre à la demande croissante d'énergie sans mettre en péril la planète ? Comment faire de l'énergie à la fois un instrument de croissance et de compétitivité pour les économies développées et un levier du développement des pays les plus pauvres ? Comment établir un lien entre marché mondial de l'énergie et enjeux nationaux, c'est-à-dire entre sécurité d'approvisionnement pour les pays consommateurs et partage des revenus pour les pays producteurs ? Comment faire jouer les solidarités entre nations pour la définition d'un prix acceptable pour les uns et les autres, ou pour une contribution équitable des uns et des autres à la lutte contre l'effet de serre ?

Telles sont les questions d'importance géostratégique auxquelles on voit bien que le marché seul ne peut apporter de réponses : c'est certainement aux Etats que revient la responsabilité d'organiser les régulations indispensables, mais peut-on dans le même temps éviter que l'énergie ne devienne une arme au service de l'ambition des mêmes Etats ?

Parmi les *défis géostratégiques* à relever, on en distinguerait six.

Il y a d'abord la nature même du **marché pétrolier**. Le pétrole, c'est toujours 35 à 40 % de l'énergie primaire consommée dans le monde : c'est un marché mondial, largement intégré sans marché régional captif. L'équilibre entre l'offre et la demande s'y établit par le prix du baril, qui échappe à tout arbitrage autre que celui du marché spot. Il en résulte que la dépendance « pétrolière » d'un pays consommateur n'est pas d'abord « géographique » ; que l'embargo sélectif d'un pays producteur à l'égard d'un pays consommateur est sans effet, sauf sur le prix du baril ; et qu'il est de même inutile de chercher à garantir l'approvisionnement en pétrole d'un pays par l'établissement de liens privilégiés avec tel producteur, car la sécurité de l'approvisionnement dépend d'abord de la sécurité du fonctionnement du marché mondial lui-même.

Autre défi : l'**instabilité** de nombreuses régions productrices d'hydrocarbures : le Moyen-Orient (63 % des réserves mondiales de pétrole, 35 % des réserves de gaz), menacé par un terrorisme qui peut frapper les installations pétrolières et gazières de production et de transport, par la guerre civile qui embrase l'Irak (2^e producteur mondial), par le défi nucléaire de l'Iran ; l'Amérique latine, agitée par des revendications sociales, nationalistes, idéologiques à forte connotation anti-américaine et dont l'objectif fréquemment affiché est la réappropriation des ressources minières ; l'Afrique de l'Ouest, théâtre de conflits à forte odeur de pétrole, sur fond d'antagonismes ethniques, religieux, politiques, sociaux, trop souvent attisés par des interventions extérieures (Nigeria, Angola, Soudan, Tchad, Congo).

La **Russie** (premier exportateur mondial de gaz, deuxième exportateur de pétrole) n'est pas en reste dans ce tableau du désordre mondial, qui use de l'énergie comme d'une arme politique pour reprendre pied sur la scène internationale. Elle s'attache ainsi à recouvrer un pouvoir d'influence sur ses anciens satellites, en Ukraine, par où transite 90 % du gaz livré à l'Europe de l'Ouest, comme en Asie centrale, riche en hydrocarbures et en uranium. Ce faisant, la Russie prend le risque d'entrer en compétition avec les Etats-Unis, très présents dans la région. De même n'hésite-t-elle pas à brandir la menace d'une interruption de ses livraisons de gaz pour peser sur les négociations qu'elle mène avec ses partenaires et clients européens, ou encore à attiser la rivalité entre Chine et Japon – qu'oppose déjà l'exploitation des gisements de la Mer de Chine – en entretenant le doute sur les débouchés possibles de l'oléoduc reliant ses gisements de Sibérie à la Mandchourie ou à la Mer du Japon.

S'ajoutent à cet inventaire de défis géostratégiques les besoins des **grands consommateurs** d'énergie : les Etats-Unis, qui ont largement diversifié depuis une vingtaine d'années leurs sources d'approvisionnement (le Moyen-Orient, bien sûr, mais aussi le Maghreb, l'Afrique de l'Ouest, l'Asie centrale) ; l'Inde, en compétition avec la Chine dans tout l'espace asiatique ; la Chine, qui, pour étancher sa soif de pétrole, noue des partenariats tous azimuts, avec la Russie (en dépit des manœuvres de Moscou évoquées précédemment), avec le Japon (premier partenaire commercial, mais dont la montée en puissance nourrit une tension permanente avec Pékin), avec l'Iran, les républiques d'Asie centrale, l'Afrique, l'Amérique latine, toutes régions où l'ampleur des investissements chinois ne peut pas ne pas heurter à la longue les intérêts d'autres grands pays consommateurs.

On voit ainsi prendre position sur le marché mondial de l'énergie les acteurs d'une partie de billard à plusieurs bandes (Etats-Unis, Russie, Chine, Japon, Inde, peut-être demain le Brésil et l'Europe, si elle parvient à concevoir une politique commune de l'énergie), liés par certains intérêts communs (sécurité du marché mondial, lutte contre le réchauffement climatique), mais dont les stratégies concurrentes peuvent être sources de tensions et de crises ouvertes : de la confrontation à l'affrontement, la marge peut être étroite.

Sur un tout autre plan, on doit évoquer le grand défi que représente, pour l'ensemble de la communauté internationale, la **lutte contre l'effet de serre**, combat qui a nécessairement un prix : à qui revient-il de payer la note ? Aux seuls pays développés, responsables en deux siècles d'industrialisation de l'état de notre atmosphère ? Egalement aux pays émergents, dont le développement pèse déjà et pourrait peser de plus en plus lourd dans l'aggravation du changement climatique ? Sans oublier, dans les pays du Sud-est asiatique, les conséquences de l'usage intensif du charbon, qu'ils ont en abondance, sur la sécurité alimentaire des populations, en raison des émissions de soufre qui détruisent les récoltes de riz et polluent l'eau.

Dernier défi, et non des moindres, le combat pour le **développement** : les pays en développement, en particulier les plus pauvres, ont-ils leur place dans la partie de billard décrite ci-dessus ? Le tiers de l'humanité n'a toujours pas accès à l'électricité.

Comment relever ces défis ?

Nous laisserons de côté les jeux de puissance porteurs de conflits potentiels : la communauté internationale dispose aujourd'hui d'institutions et d'instruments dont la mission est de traiter de la guerre et de la paix dans le monde, quelle que soit l'origine de ces conflits.

Plus important est d'apprécier et de mesurer le champ ouvert à la coopération et à la solidarité, à commencer par la **sécurité des marchés** mondiaux du pétrole et du gaz. Les Etats-Unis

ont accompli depuis une vingtaine d'années, pour leur propre compte, une bonne partie du travail, non seulement en s'attachant à diversifier géographiquement leurs sources d'approvisionnement, mais surtout en s'efforçant de contrôler et de sécuriser les flux terrestres et maritimes de cet approvisionnement : le caractère mondial du marché pétrolier fait que la plupart des pays consommateurs ont peu ou prou tiré bénéfice de cette politique américaine. Il demeure que la prolifération des foyers de crise et des facteurs d'instabilité est telle, depuis la fin de la Guerre froide, que la sécurité des sources et des voies d'approvisionnement ne peut incomber à un seul pays, fût-il le plus puissant de la planète. La lutte contre le terrorisme et la piraterie est un problème mondial, qui concerne les pays producteurs comme les pays importateurs. Il revient à chaque gouvernement d'organiser la protection des installations et des équipements établis sur son territoire, quitte à recourir à l'aide internationale quand les moyens à mettre en œuvre dépassent ses capacités (gisements en exploitation, oléoducs et gazoducs, raffineries, ports, zones côtières). La sécurité des routes maritimes et particulièrement des détroits, par lesquels transitent quotidiennement les 4/5^e des exportations mondiales de pétrole, relève de l'action internationale : dans l'océan Indien, les flottes chinoise et indienne croisent déjà dans le sillage de la marine américaine. Aux flottes des grands pays importateurs de prendre leur part de cette indispensable mission de sécurité.

L'aide au développement et la **défense de l'environnement**, réunis dans le concept de développement durable, constituent l'autre champ de coopération. La part qui revient aux pays industrialisés dans ce double combat passe bien entendu par les efforts consentis dans le cadre du Millénaire pour faire reculer la pauvreté dans le monde, mais aussi, pour s'en tenir à notre sujet, par la priorité donnée à l'efficacité énergétique, c'est-à-dire notamment à des économies d'énergie qui soulagent d'autant le marché au profit des PED, et à une diminution des émissions de gaz à effet de serre, qui laisse le champ libre à l'utilisation par les PED des énergies fossiles, plus faciles d'accès et d'emploi. A quoi s'ajoute le recours aux énergies renouvelables et à l'énergie nucléaire, non productrices de CO₂. Nul n'ignore, d'autre part, que la limitation à 2 °C du réchauffement climatique au cours de ce siècle imposera de diviser par deux les émissions des gaz à effet de serre d'ici à 2050 : la prise en charge de cette contrainte par les seuls pays développés leur ferait obligation de diviser par quatre ces émissions d'ici à 2050 ! Mission quasi impossible, d'où il résulte que les grands pays émergents devront nécessairement assumer une part du fardeau et que les pays industrialisés auront le plus grand intérêt à faciliter l'accès des PED à ces énergies non productrices de CO₂, y compris par le transfert de technologies propres à réduire la nocivité des énergies fossiles (charbon propre, séquestration du carbone).

Le grand enjeu des stratégies énergétiques à définir pour le 21^e siècle est de parvenir à concilier sécurité énergétique et développement durable. Telle ne semble pas être la direction choisie par les stratégies concurrentes décrites précédemment. Or, les pays industrialisés, aujourd'hui, et les économies émergentes, demain, ne pourront longtemps feindre d'ignorer que les pays exportateurs d'énergie sont aussi consommateurs d'énergie, dont nombre de PED, et que le développement de ces pays conditionnera de plus en plus l'état de la planète en termes de croissance et d'environnement.

Moins que jamais dans les prochaines décennies, le « chacun pour soi » aura de sens en matière d'énergie. Quand le gouvernement marocain s'attache à définir ce que pourrait être son devenir énergétique à l'horizon 2030, il reconnaît sa dépendance à l'égard d'un marché mondial sur lequel il a peu de prise ; mais il sait, dans le même temps, que les orientations qu'il arrêtera l'engageront bien au-delà des frontières du Maroc.

Vision globale et enjeux de l'énergie au Maroc

Patrick HAAS

Président de British Petroleum (BP France)

N'ayant pas la prétention d'être un expert énergétique pour un pays aussi vaste et dynamique que le Maroc, je me bornerai à vous présenter la vision et les axes de développement d'un groupe énergétique mondial comme BP pour, ensuite, évoquer avec vous quelques réflexions sur les enjeux actuels, notamment au Maroc. J'aborderai la question du développement économique global au travers de la problématique de l'énergie et des contraintes environnementales, de l'épuisement annoncé des ressources fossiles et du rôle des entreprises impliquées dans les ressources énergétiques comme celle que je représente.

BP est la 2^e entreprise pétrolière mondiale, aux activités énergétiques assez diversifiées : pétrole, gaz naturel (60 % de notre production d'HC et 40 % pour le gaz naturel) et solaire. Ces activités sont intimement liées à la gestion des ressources naturelles et au développement économique et social et ont un impact crucial sur les émissions de CO₂.

Notre problématique planétaire

Ainsi que cela a déjà été dit, il est indéniable que la demande d'énergie va continuer de croître. Cette augmentation de la demande est liée à la croissance prévisible et reflète le développement démographique et économique de nombreux pays, notamment de la Chine et de l'Inde. Chaque année la planète devra satisfaire aux attentes de 200 millions de nouveaux consommateurs en quête de chaleur, de lumière et de mobilité. Entre 1982 et 2005, la demande mondiale d'énergie s'est accrue de 41 %. D'ici 2015, elle s'accroîtra encore de 15 à 20 %. Vraisemblablement, elle doublera d'ici 2050.

Provenant à 80 % des pays émergents, l'essentiel de cette croissance de la demande sera couverte par les énergies fossiles – pétrole, gaz naturel et charbon, les autres sources ne pouvant suppléer immédiatement à la demande...

Monsieur Chevalier en a fort bien parlé, les ressources énergétiques sont suffisantes : les réserves de pétrole (conventionnel et non conventionnel), de gaz et de charbon sont disponibles (+ de 40 ans en pétrole, + de 60 ans en gaz). Ceci étant, il est tout aussi indéniable que les carburants "fossiles" sont présents sur terre en quantités finies et qu'une accélération de l'usage de ces sources d'énergie ne feront qu'en accélérer le terme.

Quel rôle va devoir jouer l'industrie pétrolière (je parle bien de tous les acteurs : compagnies internationales, compagnies locales, pays producteurs...) ?

L'industrie va devoir résoudre la quadrature du cercle, en conciliant un certain nombre d'éléments nécessaires :

- trouver, produire et transporter les hydrocarbures (pétrole et gaz), en quantités suffisantes pour satisfaire la demande ;

- mettre en place les moyens nécessaires pour contribuer à minimiser les impacts négatifs de cette augmentation de l'usage de ces sources d'énergie ;
- préparer l'après-pétrole : quel que soit son terme, s'y préparer aujourd'hui ne peut qu'être une bonne chose.

Sur ces 3 points, l'industrie pétrolière a toute légitimité à agir avec les autres stakeholders (monde politique, communauté civile, ONG...)

1. Trouver et produire

Pour trouver et produire plus, il va falloir mobiliser plus d'**investissements** dans les 3 domaines de compétence de l'industrie pétrolière :

- **en amont**, les investissements en matière d'exploration et production devront augmenter : notre vision est que ces investissements devront monter d'environ 160 milliards de dollars aujourd'hui à 200 milliards dans les années à venir ;
- **en matière de logistique**, il est vraisemblable que des investissements devront avoir lieu, que ce soit des investissements logistiques permettant de s'adapter à de nouveaux produits ou marchés, ou à des investissements plus lourds, de nature plus stratégique (le pipe-line Bakou-Tbilissi-Ceyhan, dont BP a pris la maîtrise d'œuvre, en est un bon exemple) ;
- **en matière de raffinage**, là aussi, des investissements vont avoir lieu, soit pour adapter les outils existants (pays "mature" tels les USA ou l'Europe, par exemple), soit pour développer de nouvelles raffineries (principalement dans les pays à fort potentiel et à forte croissance, tels la Chine et l'Inde, par exemple).

Il faudra aussi développer des modèles de coopération pour que les **pays producteurs** acceptent que ces nouveaux investissements se mettent en place, même si tous n'en voient pas nécessairement la nécessité pour eux-mêmes. En effet, il est bon de rappeler que 80 % des réserves sont aujourd'hui sur le sol des pays producteurs.

Nous devons également résoudre un obstacle important : **la capacité des sociétés de services** à mettre tous ces projets en œuvre. Nous avons effectivement à faire face à 2 problèmes : la rareté des ingénieurs et des techniciens et la surchauffe dans ce secteur qui rallonge les délais (en plus de renchérir les projets). Bien que ce problème soit critique, il est de nature différente.

Nous devons enfin favoriser tout ce qui peut contribuer à une meilleure prise en compte de l'efficacité énergétique, permettant de diminuer notre dépendance et de limiter l'appel fait aux hydrocarbures.

2. Moyens de résoudre le paradoxe entre les effets négatifs sur l'environnement et l'augmentation de la demande d'énergie

Les émissions de gaz à effet de serre se sont accrues de 16% par rapport à leur niveau de 1997 et pourraient atteindre + 33% en 2010 et 40 % en 2025 si rien n'est fait d'ici là.

Le comité intergouvernemental sur le réchauffement climatique prévoit un réchauffement de 5,8 degrés Celsius d'ici la fin de ce siècle si nous ne faisons rien.

Même si certains peuvent nous objecter que le lien direct n'est pas établi, nul ne peut nier que l'usage d'hydrocarbures induit l'émission de CO₂, et donc à ce titre, tenter de la minimiser ne peut qu'être bénéfique.

Actions possibles pour stabiliser les émissions de GES

Chez BP, nous sommes arrivés à la même conclusion. Nous avons été les premiers de notre secteur à reconnaître la nécessité de mesures de précaution. Dès 1997, nous avons mis en place un vaste programme de réduction de nos GES – fixant un objectif de moins 10 % de nos émissions – et introduit le premier marché interne d'échanges de droits d'émissions global entre nos différents sites et usines. Nous avons atteint cet objectif (- 10 %) dès 2001. Nous poursuivons nos efforts pour contenir nos émissions malgré la croissance de nos activités avec un programme d'investissements supplémentaires d'un montant de 350 millions de dollars.

Nous continuons d'investir dans la recherche scientifique et la promotion de technologies nouvelles, les renouvelables, notamment au travers d'une activité mondiale dans le solaire. BP produit et fournit 1 panneau photovoltaïque solaire sur 10 commercialisés dans le monde.

Mais notre effort doit être beaucoup plus large. Aujourd'hui, les émissions liées à l'utilisation des énergies fossiles représentent plus de 24 milliards de tonnes de CO₂ par an mondialement. Les émissions liées à l'utilisation de nos produits par nos clients représentent 5 % de ce montant global. Les émissions liées aux opérations internes de BP s'élèvent, quant à elles, à 85 millions de tonnes, soit 0,3 %.

Nous considérons que notre responsabilité doit aller au-delà de nos émissions directes. C'est pourquoi, au cours des cinq dernières années, BP s'est investi dans la recherche de technologies et solutions innovantes et concrètes sur le moyen et long terme. BP finance conjointement avec Ford le projet intitulé Carbon Mitigation Initiative, conduit par l'université Princeton aux Etats-Unis. Ce projet étudie concrètement les moyens techniquement disponibles aujourd'hui qui nous permettraient de stabiliser d'ici 2055 les émissions de carbone dans l'atmosphère à leur niveau actuel, évitant ainsi leur doublement, sachant que l'énergie consommée va doubler sur cette période.

L'équipe de Princeton a dégagé 14 filières d'intervention à large échelle, chacune ayant un potentiel de réduction d'émission de carbone d'1 milliard de tonnes par an (- 3,5 milliards tonnes CO₂) à l'horizon 2050 – 1/7 des émissions actuelles (totalisant 7 milliards de tonnes de carbone = 24,5 milliards de tonnes de CO₂).

- le remplacement de 1 400 grandes centrales au charbon par des centrales au gaz naturel (centrales de plusieurs Giga Watts chacune) ;
- le remplacement de 700 centrales au charbon par des centrales nucléaires (2 fois le parc actuel) ;
- la diffusion des technologies d'économie d'énergie les plus récentes à l'ensemble des logements et édifices commerciaux (réduction de 25 % des émissions de ce secteur) ;
- la production de 34 millions de barils par jour de biocarburants (250 millions d'hectares de terres, soit 1/6 des superficies mondiales) ;
- l'installation de 2 millions d'éoliennes à travers le monde (soit 50 fois les capacités actuelles) ;
- la multiplication par 700 du nombre de panneaux solaires installés ;
- la division par 2 de la consommation moyenne des véhicules ;
- la séquestration de CO₂ de 800 centrales électriques au charbon.

La séquestration du carbone : un axe d'avenir

A titre d'exemple, nous expérimentons déjà chez BP la séquestration de CO₂ dans un gisement de production de gaz naturel à In Salah dans le sud de l'Algérie. Depuis 2004, ce projet a permis de récupérer et injecter 1 million de tonnes de CO₂ par an en l'enfouissant dans le sous-sol. La capture d'1 million de tonnes de CO₂ par an c'est l'équivalent des émissions de 250 000 voitures.

Nous sommes également engagés dans un projet pour la construction de la première centrale électrique à hydrogène, qui devrait voir le jour d'ici 4 ans en Ecosse. Ce projet recevra du gaz naturel de la mer du Nord, gaz qui sera transformé par reformage en hydrogène et CO₂. Le CO₂ retournera par gazoduc en mer du Nord, vers le gisement de Miller à 50 kilomètres en mer. Le CO₂ sera réinjecté dans la géologie du gisement de Miller pour séquestration définitive. Ce gaz permettra également de prolonger la durée de vie du gisement de production de pétrole de 15 à 20 ans.

3. Se préparer à l'après-pétrole

Pour se préparer à l'après-pétrole, il nous faudra travailler sur 2 tableaux, non exclusifs l'un de l'autre : réserver le pétrole à ses usages spécifiques et développer des alternatives crédibles en matière de carburants.

Réserver le pétrole à ses usages spécifiques

Le pétrole sera probablement dédié à 3 usages qui, pour l'instant, ne trouvent pas d'autre source que le pétrole : le transport (routier, aérien ou maritime) ; les lubrifiants et la pétrochimie. Il est vraisemblable que, à terme, les autres usages que nous faisons du pétrole devront se déplacer vers d'autres sources d'énergie, réservant le pétrole à ces usages et contribuant à l'économiser.

Développer des carburants renouvelables ou économiser l'usage d'énergie dans les véhicules :

- véhicules hybrides : il est vraisemblable que cette technologie se développera dans le futur ;
- biocarburants : déjà utilisés dans certains pays (Brésil, Suède, USA...), ils sont amenés à prendre une part de plus en plus importante dans les carburants, à travers ses 2 filières ;
- éthanol (extrait de la canne à sucre, de la betterave, des céréales, etc.) à destination des essences ;
- esters (extraits des huiles (colza, palme...)) à destination des carburants diesel.

Ceci étant, il subsiste des problèmes significatifs liés à l'usage intensif des carburants d'origine renouvelable :

- compétition pour les terres, entre production d'énergie et production agricole ;
- conséquence sur l'environnement, car le développement intensif de biocarburants nécessitera des processus industriels et vraisemblablement l'usage exclusif des terres autour des usines à fin énergétique ;
- impact sur les ressources en eau.

Conclusion

L'industrie pétrolière est souvent perçue comme étant le fond du problème énergétique et du changement climatique. Je pense au contraire que nous avons les capacités et la responsabilité de contribuer aux solutions nécessaires.

Les vingt prochaines années ne ressembleront pas aux vingt dernières. La demande pétrolière va s'accroître de 45 %. Celle de gaz naturel de 65 %. D'ici 20 ans, la Chine sera la 2^e économie mondiale. Le monde aura entre 1,5 et 2 milliards d'habitants de plus qu'aujourd'hui.

Les deux prochaines décennies seront également des années décisives pour amorcer les solutions permettant de juguler le défi climatique. Ces solutions seront possibles par un effort concerté de l'industrie et du monde politique. L'industrie énergétique sera encore au centre des plus grands enjeux et défis. Comme il a déjà été dit, le problème ne peut être réglé au niveau d'un pays et probablement pas même au niveau d'une région ; il s'agit bien d'un problème global et collectif. La solution n'est pas unique, et toutes les énergies devront trouver leur place dans le mix énergétique, sans toutefois que celui-ci soit le même pour chaque pays. Le Maroc devra trouver le sien, qui s'intégrera dans la vaste palette des solutions qui seront retenues.

Les enjeux d'une vision globale

Moulay Abdellah ALAOUI

Président de la Fédération de l'Energie

La vision de la Fédération de l'Energie a été développée à la suite de plusieurs débats, colloques et tables rondes et reprise en partie par le ministère de l'Energie qui a présenté sa politique dernièrement, lors d'un conseil de gouvernement.

Il va sans dire que notre premier objectif est d'assurer une capacité d'approvisionnement à long terme, composante essentielle de notre indépendance nationale. Pour ce faire, il importe de conjuguer tous nos efforts, et c'est dans ce cadre que s'inscrit l'initiative de notre fédération d'organiser des débats et des tables-rondes pour sensibiliser les concitoyens aux grands enjeux de l'énergie. Plus nous débattons, moins nous commettons d'approximation ou de contresens. Le contexte aujourd'hui est marqué par une grande ouverture à l'international, accompagnée de privatisations, de libéralisations et de l'exacerbation de la concurrence. Cette internationalisation s'accompagne aussi et très souvent de nouvelles revendications légitimes liées à la protection de l'environnement.

Notre politique énergétique s'inspire de celles des organisations internationales, notamment du Conseil mondial de l'énergie qui insiste sur la sécurité de l'approvisionnement et l'indépendance énergétique. Elle vise la concrétisation d'une énergie compétitive, respectueuse de l'environnement et accessible à tous. La fédération adhère donc à la préoccupation première des pouvoirs publics : mettre la sécurité de l'approvisionnement au premier plan de ses objectifs.

L'énergie n'est pas un bien comme les autres, et les grands choix énergétiques ne devraient pas être décidés par les seules lois du marché. Les politiques sous-tendues par les objectifs de sécurité et d'indépendance relevant des politiques publiques doivent être accompagnées d'une régulation appropriée et d'une évaluation indépendante. La Fédération soutient les efforts du gouvernement dans ses choix pour les équipements, la production d'électricité et les sources d'énergie. Ces choix commencent à se dessiner heureusement dans la nouvelle architecture de l'organisation électrique et gazière, grâce à la programmation des investissements lourds qui seront consentis dans ce secteur aussi bien par le secteur privé que par le secteur public.

La seconde préoccupation de long terme touche le volet écologique. Pour atteindre les objectifs structurels que sont la sécurité de notre approvisionnement et le respect de l'environnement, les pouvoirs politiques poursuivent une politique de diversification et de maîtrise de l'énergie, par la création d'une structure des énergies renouvelables au sein de l'Administration et l'instauration d'incitations économiques et fiscales nécessaires pour le développement des énergies éoliennes, solaires et photovoltaïques. Il sera permis et aisé d'atteindre à l'horizon 2012 un objectif de 10 % pour les énergies renouvelables, ce qui contribuera à réaliser des économies d'importation de plus d'un million de TEP.

Ces objectifs ont pour but de contribuer à notre indépendance énergétique, de développer l'industrie et de créer des emplois.

Aujourd'hui, l'énergie étant chère, il est recommandé d'en renforcer la maîtrise, en impliquant davantage les opérateurs privés et en suscitant des partenariats publics et privés. Parallèlement à cela, notre stratégie, comme celle du gouvernement, est d'éviter la solution d'une seule source d'énergie. Toutes les options doivent rester ouvertes y compris l'option du nucléaire pour les besoins en électricité à un prix avantageux ou pour le dessalement de l'eau.

Il y a actuellement au Maroc un débat entre les anti-nucléaires, comme c'est le cas en France ou ailleurs, et les pro-nucléaires. Nous demandons simplement au gouvernement, qui a observé un silence sur cette question, de permettre à la société civile, aux ingénieurs et à toutes les personnes concernées de continuer à réfléchir et à débattre, car la production d'énergie nucléaire à partir d'un réacteur d'à peu près 600 mégawatts, demandera, pour la phase d'études et de mise en œuvre, des travaux d'au moins une quinzaine d'années, sinon plus.

Toutes les études au Maroc ont conclu que le prix du kW nucléaire est plus intéressant que celui des énergies fossiles, et les pouvoirs publics ne pourront écarter longtemps cette option. Le gaz naturel, qui bénéficie de réelles avancées technologiques, a déjà incité des opérateurs privés à développer les interconnexions gazières et investir dans des terminaux méthaniers en partenariat avec des producteurs ou fournisseurs de dimension internationale. Le recours au gaz naturel, comme cela a été dit tout à l'heure, créera un lien entre marchés régionaux et offrira un moyen de diversifier l'approvisionnement du pays en énergie.

C'est dire que le gaz naturel devient une priorité nationale et un objectif majeur du gouvernement. L'ouverture à la concurrence permettra de dynamiser notre système électrique et, dans un proche avenir, notre système gazier qui se met progressivement en place, à la condition d'aboutir à une politique de vérité des prix des produits pétroliers et gaziers, ce qui passe évidemment par la remise en cause de la compensation et des subsides à louer et par l'instauration d'une concurrence loyale entre toutes les sources d'énergie.

Deux chantiers sont ouverts pour les opérateurs du secteur, qui vont devoir consentir de lourds investissements, tant en amont qu'en aval, par le renouvellement et le déploiement de nouvelles centrales électriques et la mise en place de capacités de stockage du pétrole et du gaz naturel liquéfié. La construction de ces infrastructures se fait à moyen et long termes, et leur rentabilité s'étudie sur un terme plus long.

L'Etat devrait, selon toute logique, non seulement mobiliser des fonds pour aider les opérateurs privés à réaliser ces grandes infrastructures, mais plus encore, accorder des incitations économiques et fiscales nécessaires. Il devrait accompagner le secteur durant tout le processus d'investissement par la facilitation des procédures administratives, par une régulation plus souple, par la modernisation des transports et une adaptation de notre industrie aux nouvelles technologies. En résumé, le défi réside dans l'imagination et la création d'un cadre qui stimulera l'investissement approprié pour satisfaire la demande croissante de l'énergie et de l'emploi (l'imagination est certes plus importante que le savoir).

Je voudrais enfin conclure que c'est la transparence qui doit guider la politique énergétique, par la mise en œuvre d'instruments favorisant une plus grande participation des acteurs économiques au débat national. Cette politique, poursuivie avec un certain succès, a cependant besoin de la confiance de nos citoyens et des opérateurs économiques en particulier. Elle doit rester à l'écart des polémiques, parce que nous avons la chance formidable, dans le secteur de l'énergie, de vivre une période de mutations passionnantes des privatisations et des libéralisations.

Les enjeux technologiques de l'énergie

Jean-Pierre HAUET

Consultant – Ancien Senior Vice-president
& Chief technology Officer d'ALSTOM

La prospective, dans le domaine de l'énergie comme dans tout autre domaine, est un art difficile. Qui aurait pu prévoir, au début du 20^e siècle, les conséquences économiques, sociales et humaines qui allaient résulter de disponibilités en hydrocarbures beaucoup plus abondantes qu'il n'était admis il y a cent ans et de la domestication à des fins civiles de l'énergie nucléaire ? De la même façon, qui peut prédire de quoi le 21^e siècle sera fait et où pourront nous conduire les développements technologiques menés actuellement sur de nombreux fronts ?

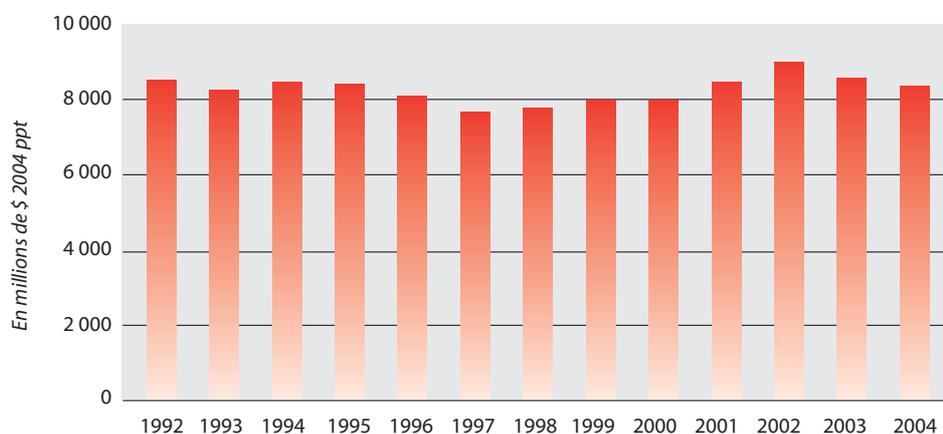
2030 : un horizon proche mais où rien n'est cependant figé

L'horizon 2030 se prête cependant assez bien à un exercice de prospective. Le secteur de l'énergie est un secteur à évolution lente, du fait notamment de la lourdeur de ses investissements et de la relative rigidité de ses structures de recherche. Les budgets consacrés à la R&D dans le domaine de l'énergie sont relativement stables, et leur répartition varie peu. 95 % de l'effort restent localisés dans un petit nombre de pays, chacun restant spécialisé dans des filières qui lui sont propres (figures 1 et 2).

Il est par conséquent possible de bâtir des scénarios réalistes à l'horizon 2030, en partant des tendances actuelles, mais à la condition de ne pas anticiper trop vite sur les évolutions ultérieures.

Figure 1

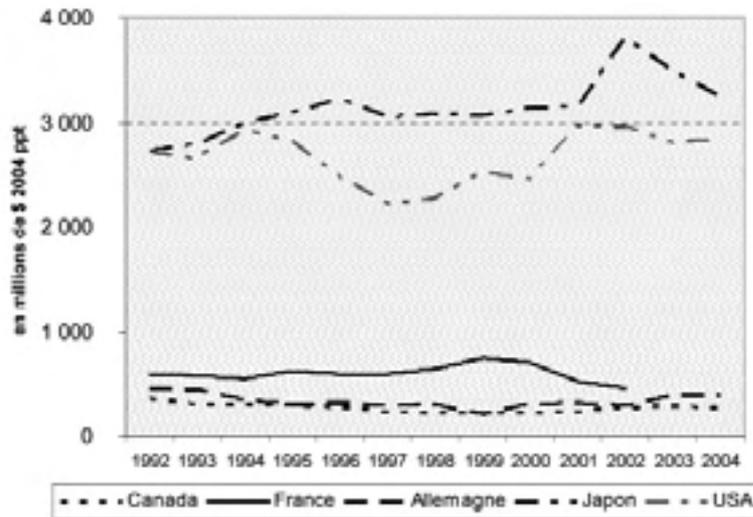
Evolution des dépenses de R&D dans le monde dans le secteur de l'énergie



Source : AIE.

Figure 2

Evolution de la répartition géographique de l'effort de R&D dans le monde dans le secteur de l'énergie



Source : AIE.

Il faut revisiter l'ensemble des filières technologiques

Plusieurs événements majeurs imposent de rebattre les cartes et de repasser au crible l'ensemble des filières énergétiques nouvelles dont notamment :

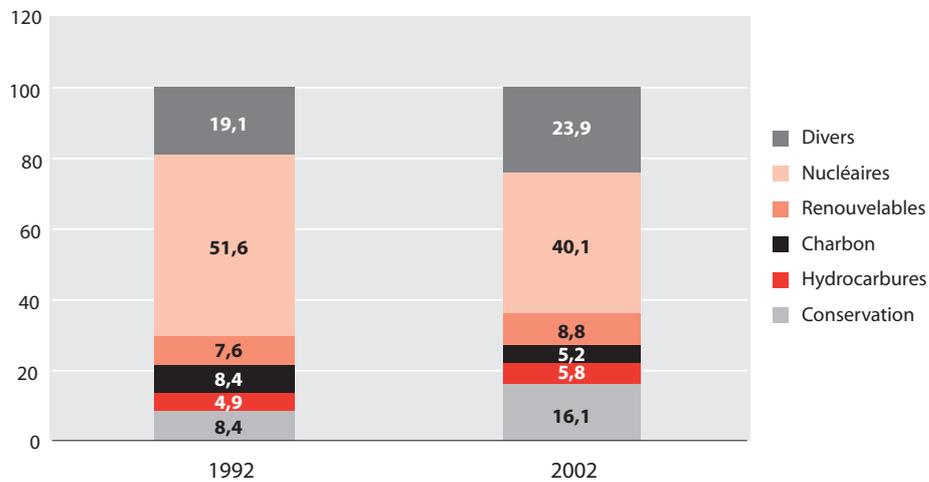
- le renchérissement des hydrocarbures qui affecte aussi bien la France que le Maroc, et la prise de conscience, à un niveau jamais atteint, de sa raréfaction progressive ;
- les phénomènes de réchauffement climatique auxquels le Maroc n'est pas insensible, même si sa part de responsabilité est à l'évidence limitée ;
- les interrogations géostratégiques sur la stabilité de certains approvisionnements après notamment l'épisode ukrainien du gaz russe ;
- la forte croissance des besoins des pays en développement (Chine, Inde, Brésil).

La question se pose de savoir si les mutations énergétiques se feront assez vite pour faire face aux défis posés à l'horizon 2030-2050, qui constituera un point de passage difficile. La réponse est probablement négative, car l'effort mené au profit des nouvelles technologies énergétiques, même s'il comporte des inflexions, s'est étalé sur 10 ans, hormis peut-être l'attention accrue portée à la conservation de l'énergie et à la valorisation de la biomasse, d'une très grande stabilité (figures 4 et 5).

L'enjeu des technologies nouvelles n'est pas perçu avec la même sensibilité de part et d'autre de l'Atlantique. En effet, les USA font pleine confiance à la capacité des équipes de développement, publiques ou privées, pour apporter en temps voulu une réponse appropriée, pour autant qu'on leur alloue les moyens financiers suffisants. Le Japon est dans un état d'esprit très voisin. L'Europe ne dédaigne pas la technologie, mais pense que beaucoup peut être fait grâce à l'ouverture des marchés, l'évolution des comportements, l'encadrement réglementaire ou normatif, etc.

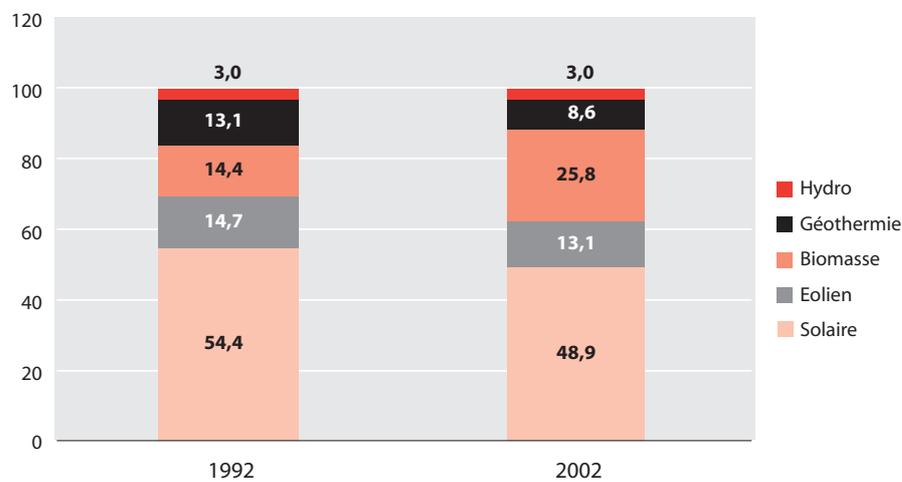
Mais quel que soit son poids relatif dans les politiques énergétiques, l'effort technologique est considéré comme primordial. L'extrapolation des « errements » actuels ne conduit pas à une solution soutenable sur le moyen et long termes.

Figure 3
Evolution de la répartition globale de l'effort de R&D dans le monde de 1992 à 2002



Source : AIE.

Figure 4
Evolution de la répartition de l'effort de R&D au profit des énergies renouvelables dans le monde de 1992 à 2002



Source : AIE.

La prise en compte du facteur climatique modifie sensiblement les données de l'analyse. Dans de nombreux cas, il y a convergence entre contrainte CO₂ et économie d'énergie et/ou de pétrole. Mais il peut y avoir antinomie : charbon, biomasse (dans certains cas).

L'intérêt d'une filière s'apprécie désormais selon trois axes :

- ses perspectives technico-économiques en termes de substitut aux hydrocarbures ;
- son potentiel d'abattement des émissions de CO₂ ;
- son intérêt local, compte tenu des données spécifiques à chaque pays.

Les données locales sont trop souvent négligées

Les données locales du problème de l'énergie sont insuffisamment prises en compte dans les stratégies générales de R&D menées par les pays les plus développés économiquement. Il s'agit notamment :

- de la liaison eau-énergie (contraintes induites par l'insuffisance des ressources, problème du dessalement, gestion de la biomasse, etc.) ;
- du climat ;
- de l'ensoleillement ;
- des ressources géothermales ;
- de la structure de l'habitat (desserte des zones rurales) ;
- des données socioculturelles, etc.

Les enjeux technologiques ne sont pas seulement ceux des équilibres globaux. Les mécanismes actuels (développement propre de Kyoto par exemple) ne sont qu'un début visant à mieux prendre en considération les composantes locales.

Quels choix avons-nous ?

Si les filières susceptibles d'émerger techniquement et économiquement vers la fin du 21^e siècle restent extrêmement nombreuses (l'humanité n'est pas prête de se trouver à court d'énergie), celles pouvant raisonnablement arriver sur la scène énergétique aux environs de 2030 sont en nombre plus limité. On peut en lister au plus une dizaine, car l'absence d'effort massif au cours des 15 dernières années n'a pas conduit à ouvrir de voies véritablement nouvelles :

- l'utilisation rationnelle de l'énergie ;
- le pétrole non conventionnel ;
- les nouvelles techniques de valorisation du gaz ;
- le charbon propre (y compris captage et stockage) ;
- les filières nucléaires nouvelles ;
- la filière photovoltaïque (sans négliger le thermosolaire : Ain Beni Mathar) ;
- la conversion de la biomasse ;
- l'énergie éolienne ;
- la géothermie ;
- éventuellement, les piles à combustible.

Sans oublier les techniques de conversion (électronique de puissance) nécessaires, notamment aux systèmes décentralisés, et la modernisation des réseaux de transport et de distribution.

L'utilisation rationnelle de l'énergie

C'est un problème universel qui revêt différentes formes :

- l'habitat performant (approche bioclimatique, meilleure isolation, vitrages, gestion de l'énergie) dans le neuf et dans l'ancien ;
- la conception de l'urbanisme ;
- le tourisme « durable » ;
- l'amélioration de l'efficacité des procédés industriels (la lutte contre les émissions de CO₂ y incite) ;
- le développement des transports en commun ;

- l'amélioration des performances des véhicules ;
- l'éclairage basse consommation ;
- l'action sur les comportements.

L'impact global d'une politique d'économies d'énergie est difficile à chiffrer ; mais des économies additionnelles de 15 % minimum par rapport à la tendance nous semblent réalistes (1), aussi bien pour la France que pour le Maroc, à un coût faible voire négatif. Des économies de 20 à 25 % sont sans doute accessibles, mais au prix d'efforts plus importants et d'investissements significatifs.

Le pétrole non conventionnel

Le Maroc, comme la France, est encore à la recherche de ressources pétrolières domestiques. Aucun des deux pays ne doit pour autant se désintéresser des progrès technologiques en cours dans le domaine de la recherche et de l'exploitation des ressources non conventionnelles :

- les réserves de schistes bitumineux (ex. : bassins de Timahdit et de Tarfaya) et de sables asphaltiques sont considérables, même si le pronostic économique et environnemental reste, au Maroc en particulier, mitigé ;
- les techniques de prospection et d'exploitation en off-shore profond continuent de progresser ;
- les expériences de récupération assistée par réinjection de CO₂ offrent des perspectives très intéressantes sur le plan du stockage du CO₂ et de l'exploitation des gisements (pilotes de Sleipner et In-Salah, Projet Miller de BP).

L'utilisation optimale du gaz

Bien qu'ayant déjà connu des progrès considérables (la centrale marocaine en cycle combiné de Tadahhart près de Tanger atteint, pour une puissance de 384 MW, 58 % de rendement), les nouvelles centrales à gaz en construction visent la barre des 60 %. Or, une augmentation de 2 % du rendement permet, en plus des économies, de réduire les émissions de CO₂ de 40 000 tonnes par an, ce qui correspond aux gaz d'échappement émis par 10 000 Golf Volkswagen parcourant 20 000 km par an.

La distribution et la valorisation des GPL est un point essentiel pour l'approvisionnement des zones rurales du Maroc, comme dans bien d'autres pays.

La technologie du transport du gaz sous forme liquéfiée continue à progresser, soutenue par les demandes très fortes de la Chine, des USA et de l'Europe. Le Maroc doit être à même d'en tirer parti.

Enfin, à plus long terme, les technologies GtL (Gas to Liquid) seront un moyen de pallier l'épuisement des ressources pétrolières bien avant celles de gaz.

Le charbon propre

Le renouveau du charbon dans les pays européens (ainsi qu'au Maroc) pour la production d'électricité est une des évolutions majeures des dernières années. Le rendement des centrales

(1) Nous parlons ici d'économies par unité de valeur économique et non pas d'économies d'énergie en chiffres absolus.

pourra être porté, en technologie IGCC (Integrated Gas Combined Combustion), à 50 % environ (état de l'art actuel : ~ 40 %).

Mais l'enjeu majeur est désormais celui du captage et du stockage du CO₂. Plusieurs techniques sont en compétition pour cela, et les premières réalisations industrielles sont en cours d'étude en GB (450 MW), aux USA, en Chine, toutes étant susceptibles de déboucher à l'horizon 2015.

Les filières nucléaires nouvelles

Le problème du nucléaire au Maroc sera à l'évidence l'une des questions-clés de la politique énergétique marocaine au cours des 20 prochaines années.

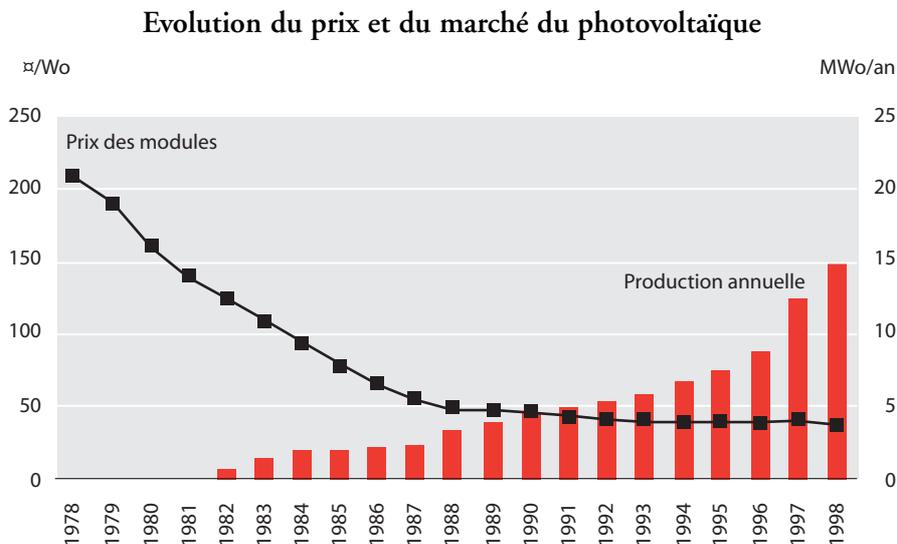
Il ne s'agit pas seulement d'un problème technique, ni même économique. C'est une question politique à laquelle la proximité du Maroc de l'espace européen peut aider à trouver des solutions, consistant à mettre en commun des moyens d'investissement et à partager des compétences. L'existence d'un câble Maroc-Espagne de forte puissance (1 600 MW) est une donnée importante dans la réflexion. L'évolution technologique en est une autre, avec l'arrivée probable à horizon 2030 de la génération IV des centrales, plus sûres et plus aptes à des applications diversifiées telles que le dessalement de l'eau ou le traitement des schistes bitumineux.

La filière photovoltaïque

Des progrès technologiques considérables sont intervenus au cours des dernières années (figure 5) :

- meilleur rendement, meilleure fiabilité ;
- abaissement des coûts des modules : division par 2 tous les 10 ans en moyenne ;
- croissance forte des marchés (+ 30 % par an).

Figure 5



Source : BP Solar.

Certes, le photovoltaïque reste cher : 35 000 € d'investissement pour une installation domestique en Europe (prix de revient du kWh de l'ordre de 0,5 €/kWh (10 fois l'éolien) et du W crête de l'ordre de 10 €). Mais des voies de progrès très prometteuses existent pour diminuer les coûts et améliorer les rendements. L'objectif de rendement de 20 % avec un prix de revient de 1 €/W en 2010-2015 n'est pas hors de portée.

Le photovoltaïque sort des marchés de niches et s'impose progressivement pour l'alimentation des sites isolés. C'est à coup sûr l'une des options primordiales offertes au Maroc pour l'alimentation des zones rurales.

L'utilisation de la biomasse

Malgré ses limitations (problèmes de surfaces, de ressources en eau, d'épuisement des sols, de concurrence avec d'autres modes de valorisation des sols), la biomasse est devenue, dans la plupart des pays, l'une des composantes primordiales de la politique de promotion des énergies renouvelables.

Plusieurs voies s'ouvrent au Maroc :

- les biocarburants: esters de colza ou de tournesol mélangés au diesel ou alcools mélangés à l'essence ou en utilisation directe (E85) ; ultérieurement, valorisation de la cellulose (paille, bois...) ;
- combustion (chêne vert par exemple) ;
- production d'électricité à partir de bagasse, alfa, sciure et déchets de bois, margines, mélasses, etc.

La valorisation de la biomasse, bien conduite, peut certainement être promue au Maroc et donner lieu à des projets de « développement propre » dans le cadre des mécanismes de Kyoto (bon rating du Maroc). Mais c'est un domaine où la prudence est de rigueur pour éviter des résultats opposés aux effets escomptés.

L'énergie éolienne

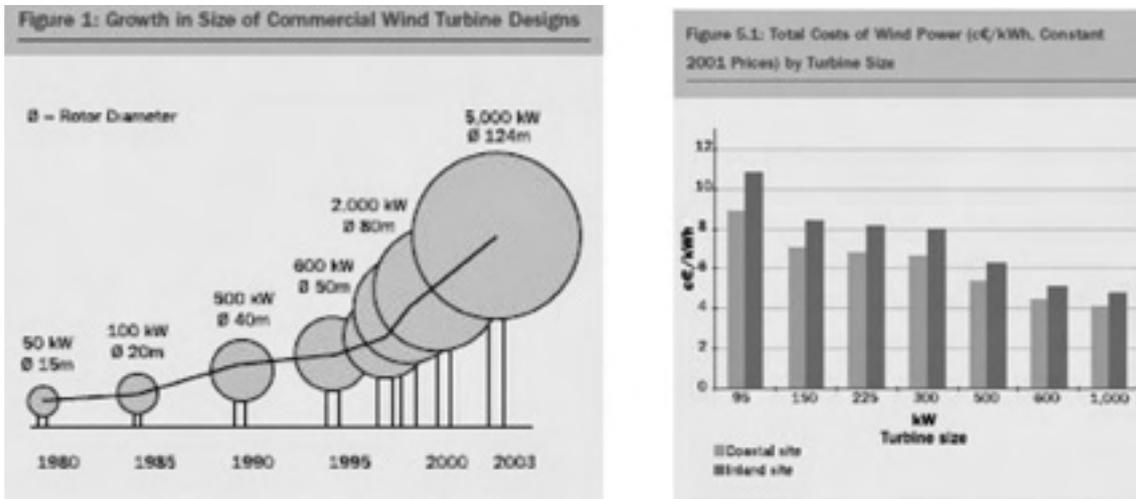
L'énergie éolienne a considérablement progressé en coût et en base installée au cours des 20 dernières années. Les progrès sont essentiellement liés à l'augmentation de la puissance unitaire des installations et à l'industrialisation des matériels.

Le prix de revient actuel se situe entre 5 et 6 cent€/kWh (1/10^e du photovoltaïque), mais il semble possible de descendre à 3 à 4 cent us de 30 000 MW installés dans Europe des Quinze), et l'énergie éolienne peut donner lieu (comme le photovoltaïque) à des projets de développement propre (ex. : installations d'Essaouira et de Tétouan au Maroc).

Toutefois, des limitations existent :

- les problèmes de nuisances diverses, qui peuvent être résolus par les fermes off-shore ;
- le caractère intermittent de la ressource (1 500 à 2 500 heures par an) et aléatoire (canicule de 2003 en Europe et vague de froid au premier trimestre de 2006 en Allemagne) ; mais le Maroc, pour au moins une partie de son gisement, peut compter sur des disponibilités supérieures, allant jusqu'à 4 000 h/an. Par ailleurs, l'interconnexion avec l'Espagne offre des possibilités de complémentarité entre les réseaux particulièrement intéressantes.

Figure 6
 Evolution de la filière éolienne dans le monde



Source : EWEA.

Les piles à combustibles

Les avantages escomptés sont :

- un meilleur rendement électrique ;
- l'absence de pollution ;
- la modularité ;
- la qualité de l'énergie ;
- l'indépendance du réseau.

Trois marchés sont visés :

- les applications stationnaires (de 1 kW à 1 MW) ;
- les applications automobiles ;
- les applications portables (électronique).

Les applications stationnaires intéressent le Maroc (électrification rurale, installations de secours), mais trois obstacles majeurs subsistent :

- le coût, aujourd'hui de 5 000 à 10 000 €/kW ;
- la durée de vie des cellules, aujourd'hui de 1 000 à 2 000 heures ;
- l'approvisionnement en hydrogène pur.

Le domaine reste cependant prometteur quoique très incertain :

- le couplage au photovoltaïque peut permettre l'approvisionnement en hydrogène et le fonctionnement de nuit ;
- les piles au méthanol se développent (de petites puissances actuellement) et des reformeurs de GPL en H₂ sont concevables ;
- les applications pour le secours se développent, notamment dans les télécoms (application possible : gestion du réseau électrique de distribution).

La question nous semble donc posée de l'opportunité de promouvoir un pôle de recherche-développement en piles à combustibles au Maroc, en liaison avec des partenaires français, si de telles équipes ne sont pas déjà en place.

Conclusions

Il est intéressant de confronter les visions des experts sur les potentialités attachées à chaque filière technologique nouvelle. Mais, s'agissant de deux pays que la nature a, l'un et l'autre, mal dotés en ressources en hydrocarbures mais qui ont néanmoins leurs caractéristiques propres, il est essentiel de croiser l'analyse intrinsèque du futur de chaque technologie avec les données propres à chaque pays : données physiques, climatiques, économiques, socioculturelles.

Sans doute faut-il, au Maroc encore plus qu'en France, associer la réflexion sur l'énergie à celle sur la sécheresse, l'approvisionnement en eau, le dessalement, la déforestation, la nécessité de contenir le tourisme dans des limites acceptables, etc.

Certaines solutions sont clairement d'intérêt commun : l'utilisation rationnelle de l'énergie, le transport gazier et la prospection d'hydrocarbures en zones profondes, les centrales électriques à haut rendement, etc.

Mais l'importance relative du monde agricole et du secteur rural au Maroc tend en parallèle à mettre en avant d'autres technologies, notamment dans la production décentralisée et dans la distribution d'électricité en zone rurale. La disponibilité d'un gisement attractif en énergies renouvelables (petite hydraulique, solaire et éolien) conduit à porter un regard différent sur les technologies qui permettent de le mettre en valeur. Le charbon, les gaz de pétrole liquéfié sont des réponses qui peuvent prendre un relief plus important au Maroc qu'en France, en s'appuyant toutefois sur un effort technologique commun.

La discussion sur le nucléaire ne doit pas être éludée dans une perspective sans doute encore lointaine, mais avec des objectifs allant au-delà de la production de l'électricité et intéressant notamment le dessalement.

L'élaboration de scénarios d'approvisionnement doit bien entendu être précédée d'une réflexion sur le mode de croissance et les besoins énergétiques nouveaux qu'il va engendrer : équilibre entre monde rural et monde urbain, typologie de l'habitat, structure des villes, organisation des transports, etc. Dans tous ces domaines, la référence européenne peut être utilisée, mais avec clairvoyance.

Plus généralement, la proximité de l'espace économique européen ouvre des voies de réflexion et de coopération intéressantes pouvant se traduire par des investissements d'intérêt partagé. Par ailleurs, beaucoup d'enjeux technologiques communs résultant d'une pauvreté commune en ressources d'hydrocarbures, des coopérations accrues dans le domaine de la formation et de la recherche sont sans doute possibles et souhaitables, mais avec des poids relatifs accordés à chaque thème qui restent à différencier pour tenir compte des données propres à chaque pays. Le Maroc peut certainement devenir, dans des domaines innovants tels que le photovoltaïque, le centre d'excellence d'un espace énergétique européen au sens large.

Enjeux technologiques de l'énergie, quelles stratégies pour le Maroc ?

Mohammed SMANI

Directeur de la R&D Maroc

Membre de l'Académie française de technologie

La nécessité de satisfaire une demande énergétique croissante, les inquiétudes quant à la disponibilité des sources d'énergie et les plaidoyers en faveur d'une production d'énergie plus respectueuse de l'environnement sont autant de questions essentielles auxquels les décideurs du monde entier se doivent aujourd'hui d'apporter des réponses.

Le Protocole de KYOTO signé en 1997 vise à réduire à l'horizon 2010 les émissions mondiales de gaz à effet de serre et la quantité de gaz carbonique rejeté dans l'atmosphère d'un facteur 4. Pour atteindre ces objectifs aux enjeux économiques importants, des équipes de R&D sont mobilisées sur des programmes de R&D publics et privés.

Les pays de l'OCDE, en particulier, investissent depuis quelques années des sommes considérables dans la R&D sur les nouvelles technologies énergétiques comme les piles à combustible et cherchent des solutions pour en accélérer le déploiement et faciliter la transition vers une économie plus durable, basée sur l'hydrogène.

1. Quelles énergies pour 2030 ?

Les caractéristiques de l'énergie de demain

Les contraintes et les exigences en matière de protection de l'environnement nous permettent de dresser le profil de l'énergie de demain.

Cette énergie :

- ne devra pas générer de gaz à effet de serre ;
- devra être durable ;
- aura un coût économiquement acceptable ;
- donnera lieu à un approvisionnement sécurisé ;
- sera respectueuse de l'environnement et de la santé publique.

Situation de l'énergie 2030

Les prospectivistes estiment, sauf crise pétrolière majeure, que :

- le pétrole connaîtra un maximum de production vers 2020-2030 puis amorcera une descente à partir du milieu du siècle ;
- le gaz naturel poursuivra son envolée actuelle puis amorcera une descente vers la fin du siècle ;

- le charbon, dont les réserves restent importantes, sera tributaire à l'avenir des moyens techniques de réduction du CO₂, soit en amont par des procédés de combustion plus propres soit en aval par capture et stockage de CO₂ après combustion. Le charbon pourrait ainsi continuer à jouer son rôle stabilisateur de réserve arrière des énergies tout au long du XXI^e siècle et connaître ainsi un nouveau cycle de vie ;
- pour le nucléaire, plusieurs scénarios sont envisagés : arrêt, relance modérée, relance forte selon l'importance accordée à l'effet de serre et donc la volonté de réduire ou non les émissions de CO₂ et de limiter les coûts de l'électricité ;
- le renouvelable continuera à connaître une progression raisonnable.

Les risques climatiques liés aux gaz à effet de serre et le protocole de Kyoto continueront à être les moteurs de la R&D pour la mise au point des solutions énergétiques de l'avenir, d'autant que beaucoup d'aspects de l'énergie sont à l'évidence mondiaux. On s'attend plus particulièrement à l'émergence probable de nouveaux vecteurs d'énergie et d'innovations dans les domaines du stockage de l'énergie.

2. Les enjeux technologiques actuels et futurs

La continuité des approvisionnements et la stabilité des prix sont essentielles pour soutenir la croissance, car l'énergie est utilisée dans tous les secteurs des économies modernes.

Le vif essor de la demande énergétique, conjugué aux préoccupations grandissantes concernant la sécurité énergétique et l'environnement, amène toutefois à s'interroger sur la durabilité du système énergétique actuel et appelle à une relance des efforts visant à mettre au point et en application des technologies de production d'énergie nouvelles et perfectionnées, susceptibles de construire un système énergétique durable.

Quelles sont les recherches et innovation ainsi que les évolutions attendues des technologies pour les diverses sources d'énergies actuelles, potentielles et futures ?

Innovation en technologies du pétrole, du gaz et d'autres combustibles solides

Les ressources en énergies fossiles, dont le pétrole et le gaz, ont été et demeureront la clé de voûte du système énergétique. Prises ensemble elles représentent 60% des carburants et combustibles fournis pour les transports, la production d'électricité et les procédés industriels.

L'innovation dans ces secteurs énergétiques parvenus à maturité et très solidement établis a pris forme sur une longue période, plutôt progressivement que par de grands sauts technologiques.

Dans ce domaine, ce sont surtout les préoccupations au sujet de l'environnement qui constituent le moteur de l'innovation. L'industrie est largement à l'origine des innovations, le secteur public jouant un rôle moindre à cet égard.

Une meilleure exploitation des énergies primaires est possible à travers l'amélioration du taux de récupération des gisements de pétrole et dans une moindre mesure de gaz, la découverte de nouveaux gisements de pétrole et de gaz et l'introduction de centrales à charbon à émissions de gaz à effet de serre réduites et à séquestration du CO₂.

Le développement de la notion de charbon propre conduira à mettre au point des dispositifs permettant d'assurer la capture des oxydes de soufre, d'azote, des poussières et la séquestration du CO₂. D'intenses activités de recherche portent sur la gazéification du charbon, la production

simultanée d'électricité, d'hydrogène, de chaleur, la capture du CO₂ sous pression ainsi que son stockage géologique. La séquestration du CO₂ est envisagée essentiellement sur les émissions concentrées des centrales thermiques, de l'industrie sidérurgique et des ciments.

Les émissions non concentrées, trop diluées, du CO₂ de la filière transport notamment ne pourront quant à elles être éliminées qu'en amont par une révolution portant sur les carburants. Beaucoup de recherches concernent cette problématique tant au niveau des projets de recherche européens que dans les autres pays de l'OCDE.

L'utilisation rationnelle de l'énergie doit être généralisée dans les domaines du bâtiment, de l'automobile (réduction du poids des véhicules, réduction de la consommation, des émissions de NOX et de CO₂), des pompes à chaleur.

Energies renouvelables

L'énergie solaire

En matière photovoltaïque, les rendements actuels étant voisins de 10 % (100 km² pour une production de 1 000 MW), les travaux de développement de cellules PV en couches minces de Silicium visent à ouvrir des perspectives pour produire des surfaces allant jusqu'à 1,4 m² avec un rendement supérieur au rendement actuel.

Le Maroc, qui dispose d'un gisement solaire remarquable, pourra atteindre tous les objectifs qu'il voudra se fixer pour l'exploitation de cette source d'énergie.

L'énergie éolienne

Les éoliennes connaissent aujourd'hui des évolutions technologiques majeures. De 1980 à 2005, elles ont en effet connu un développement spectaculaire tant au niveau :

- de la puissance nominale, qui a progressé de 30 kW à 5 000 kW ;
- du diamètre du rotor qui est passé de 15 à 115 mètres ;
- de la hauteur de l'éolienne qui est passée de 30 à 120 mètres ;
- de la production annuelle d'énergie qui est passée de 35 000 kWh à 17 000 000 kWh.

Les recherches actives se poursuivent pour développer de nouvelles pales de rotor dites intelligentes, à poids réduit et à efficacité augmentée par une adaptation instantanée du profil des pales aux conditions changeantes du vent.

Le Maroc dispose d'un gisement éolien de qualité qui devra lui permettre d'atteindre l'objectif qu'il voudra se fixer. L'éolien constitue une source d'énergie gratuite et inépuisable, contrairement aux combustibles fossiles (charbon, gaz, pétrole) ou fissiles (uranium) utilisés dans les centrales thermiques ou nucléaires. Cette source d'énergie abondante peut contribuer à renforcer l'indépendance énergétique du Maroc vis-à-vis des pays producteurs de pétrole et de gaz. L'énergie éolienne est l'énergie propre par excellence.

L'éolien offshore naissant est une réponse à l'impact visuel et sonore des éoliennes terrestres sur les populations. Les ressources en mer sont plus importantes que sur terre, mais surtout le vent y est plus fort et plus régulier. Le marché des grandes installations offshore sera probablement le grand marché de demain.

L'énergie hydraulique

Identification de sites favorables pour les centrales hydrauliques de petite taille.

Innovations dans le nucléaire

Le nucléaire actuel est caractérisé par :

- la production d'une énergie peu chère et dont le prix est stable ;
- sa très faible contribution à l'effet de serre ;
- sa valeur ajoutée qui se fait essentiellement dans le pays qui l'utilise.

Il y a lieu de signaler cependant que l'uranium, combustible utilisé dans les centrales nucléaires actuelles, se caractérise par des réserves limitées, inférieures à 100 ans au rythme de consommation actuelle.

La majorité des réacteurs utilisent la fission de l'uranium par neutrons lents. Plusieurs technologies existent, mais la prépondérance est aux réacteurs à eau (80 %). Le nucléaire actuel connaît un excellent retour d'expérience pour les réacteurs.

Le nucléaire du futur se doit :

- d'être compétitif économiquement ;
- d'avoir une sûreté accrue ;
- d'extraire le maximum d'énergie du combustible ;
- de minimiser la production de déchets et brûler ceux des générations précédentes.

Deux types de réserves d'uranium sont à distinguer : les réserves conventionnelles constituées par les gisements d'uranium et les réserves non conventionnelles constituées par des matières premières minérales où l'uranium est un élément secondaire. C'est le cas en particulier des gisements de phosphates sédimentaires dont les réserves sont importantes au Maroc.

Nous rappelons que le Maroc s'était engagé dans un projet de récupération de l'uranium à la fin des années 1970 et à la suite du premier choc pétrolier mondial. Le prix de l'uranium étant passé à cette occasion de quelque 3 US\$ la livre à plus de 40 US\$ la livre en 1980 pour chuter à moins de 12 US\$ la livre en 1985.

Les conditions économiques actuelles peuvent être favorables à la reprise du projet, d'autant plus que la capacité actuelle de production d'acide phosphorique au Maroc pourra permettre une production au moins égale à 500 tonnes d'uranium par an.

Les vecteurs d'énergie

Un vecteur d'énergie est une énergie non primaire, transportable et si possible stockable et utilisable en un lieu différent de sa production ou sur un véhicule (le pétrole, le gaz et le charbon sont en même temps des vecteurs primaires d'énergie par leur transportabilité sur de longues distances).

Deux vecteurs non primaires sont actuellement reconnus : le vecteur électrique et le vecteur hydrogène.

• *Le vecteur électrique*

L'énergie électrique se développe à un rythme supérieur à celui de toutes les autres formes d'énergie primaire, grâce à sa grande commodité et sa diversité d'emploi. C'est la forme la plus moderne de consommation d'énergie.

C'est aujourd'hui le seul vecteur disponible pour les énergies renouvelables d'origine mécanique ou solaire ainsi que pour l'énergie nucléaire. Son défaut est de ne pas être stockable directement et économiquement, le stockage le plus répandu étant le pompage de l'eau dans des réservoirs en altitude.

Le vecteur électrique se développerait encore plus rapidement notamment, comme source embarquée dans l'automobile, si les performances du stockage de l'électricité étaient supérieures à celles des batteries actuelles.

Cet axe de recherche continue à être important pour l'avenir à la fois en extrapolant les techniques d'aujourd'hui et en cherchant des idées de rupture.

- *Le vecteur hydrogène*

L'explosion des recherches est mondiale et assortie de budgets impressionnants. Elles donnent lieu à des accords et coopérations internationales pour entrer dans ce que l'on appelle déjà l'économie de l'hydrogène.

La pile à combustible utilise l'hydrogène comme carburant qui, combiné à l'oxygène de l'air dans un dispositif approprié utilisant généralement un catalyseur et des membranes, produit de l'électricité et de la chaleur avec de l'eau comme seul résidu non polluant. C'est ce qui en fait un intérêt majeur pour les transports.

Les piles à combustible alimentées à l'H₂ sont une technologie révolutionnaire qui offre la perspective prometteuse de transformer l'économie énergétique mondiale et qui laisse présager des rendements élevés assortis d'émissions quasi nulles de gaz à effet de serre. C'est l'énergie idéale de demain. Vu leur application possible dans les transports, la production d'électricité et les dispositifs nomades ou embarqués, certaines estimations prévoient que le marché des PAC et des produits apparentés représentera 29 milliards de US\$ à l'horizon 2011 et pourrait atteindre 1 700 milliards US\$ à l'horizon 2021.

Il s'agit cependant d'une technologie complexe, et de multiples problèmes techniques et économiques restent à résoudre, en particulier dans les applications automobile et celles des infrastructures appropriées pour la production, la distribution et le stockage du combustible hydrogène.

L'amélioration de la qualité de l'environnement, en général, et les préoccupations liées au changement climatique, en particulier, constituent les deux moteurs importants pour le développement de PAC et en particulier dans les pays où le secteur automobile a un grand poids comme en Allemagne, aux USA, en France et au Japon.

Pour les pays dont les ressources énergétiques nationales sont limitées et qui sont fortement tributaires du pétrole importé pour le transport, (Corée, USA, Japon) la sécurité énergétique est un facteur tout aussi déterminant pour le développement des PAC.

Il est important de souligner que tant le secteur public que le secteur privé investissent des sommes considérables dans les activités de R&D sur les PAC. Des partenariats publics privés sont nombreux dans ce domaine ; ces partenariats ont estompé la démarcation classique entre la recherche fondamentale, menée par le secteur public, et la R&D appliquée, exécutée par l'industrie.

Bien que la technologie des PAC soit encore naissante, les activités de R&D en la matière sont très mondialisées.

Nous devons faire remarquer que la technologie des PAC est une technologie révolutionnaire (de rupture) qui rivalise avec plusieurs technologies anciennes et matures solidement ancrées dans différents domaines d'application.

Un véhicule prototype a été développé par Michelin et l'institut Suisse PSI (Paul Sherer Institute) et récemment mis en circulation en Suisse avec les caractéristiques suivantes : 850 kg, une

portée de 400 km, une vitesse de 80 km/h et une consommation inférieure à 25 kWh d'hydrogène pour 100 km (équivalent de 2,5 litres d'essence) avec un réservoir d'hydrogène intégré à la structure du véhicule.

Signalons d'ailleurs que plusieurs entreprises sont engagées dans le développement des technologies de stockage de l'énergie et en particulier les super condensateurs de diverses capacités et pour divers domaines d'utilisation.

Les énergies du futur s'articulent autour de la fusion nucléaire contrôlée (Projet ITER) et de l'énergie solaire satellitaire où la recherche est active dans un domaine qui paraît encore utopique.

3. Eléments d'une stratégie pour le Maroc

Le Maroc est un pays en développement qui doit :

- s'assurer un approvisionnement en énergie à un coût raisonnable, fiable et compatible avec la poursuite de son développement économique et social ;
- contribuer à la protection de l'environnement et du climat par la maîtrise des rejets et du CO₂ en particulier ;
- être en harmonie avec les progrès techniques et industriels au niveau mondial, intégrer les mutations technologiques que connaît le secteur et saisir les opportunités de coopération bilatérale, régionale et internationale.

Le Maroc ne dispose d'aucune ressource énergétique fossile notable (pétrole, gaz et charbon). C'est un importateur net de gaz, de pétrole, de charbon et de fuel.

Pour son bouquet énergétique du futur, le Maroc doit faire feu de tout bois en :

- développant des ressources nationales en énergie fossile (effort de recherche de gisement *off shore* et *in land*) ;
- exploitant un potentiel important de schistes bitumineux (Tanger, Timahdit, Tarfaya) et de gisements éolien et solaire remarquables ;
- développant les énergies renouvelables (parcs éoliens, solaire photovoltaïque, micro-centrales solaires, hydraulique, biomasse), source complémentaire d'énergie pour la satisfaction des besoins spécifiques (rural délocalisé). La contribution actuelle de 4 % devrait être portée à 12% à l'horizon 2012 et à 20% à l'horizon 2025 afin de réduire la dépendance du Maroc envers les énergies fossiles ;
- développant l'interconnexion avec le réseau électrique européen ;
- programmant son entrée dans le nucléaire, seul moyen de produire de l'énergie à grande échelle et sans CO₂. L'entrée dans le nucléaire exige une maîtrise de la gestion des installations et la formation du personnel, deux facteurs fondamentaux pour la sûreté des installations ;
- renforçant ses compétences en R&D par :
 - la promotion du Centre de recherche sur les énergies renouvelables (CDER) ;
 - l'encouragement de la recherche dans le secteur de l'énergie et de l'émergence des pôles de compétences universitaires ;
 - l'incitation des entreprises marocaines à s'engager dans des partenariats scientifiques et technologiques avec les entreprises de l'UE dans le cadre du 7^e PCRD et à participer au Programme européen EUREKA ;
- le renforcement des compétences marocaines et la formation des ressources humaines pour ces technologies du futur.

Conclusion

Au niveau international, la demande énergétique augmente chaque année et avec l'émergence de nouvelles grandes puissances économiques à forte population comme la Chine et l'Inde ou encore le Brésil, ce mouvement n'est pas prêt de s'arrêter. Le pétrole, le gaz et le charbon resteront les énergies dominantes. Une importance particulière sera donnée à la réduction des émissions à effet de serre, aux économies d'énergie et, en général, aux actions de R&D en vue de réduire les coûts. Les énergies renouvelables resteront sans doute toujours un appoint dans la production énergétique mondiale.

La fusion nucléaire et les piles à combustible (l'économie de l'hydrogène) ont des atouts pour devenir l'énergie de demain, car ces technologies multiplient les avantages : elles satisfont au développement durable et s'affranchissent des inconvénients majeurs des autres sources d'énergie.

Au niveau régional et en particulier dans les pays en développement comme le Maroc, les systèmes régionaux de production d'énergie seront favorisés en particulier par le recours au mécanisme de développement propre (MDP) issu de la convention de Rio en 1992 et utilisant en tout ou partie les énergies renouvelables.

En ce qui concerne le solaire photovoltaïque, un des verrous technologiques majeur pour son développement est le stockage de l'électricité et l'amélioration du rendement énergétique des panneaux qui pèsent sur le coût total de l'installation.

Quant à la biomasse, une attention particulière sera accordée à la sélection des plantes économes en eau et adaptées aux conditions locales.

Des programmes pertinents de recherche visant à répondre aux besoins économiques et sociaux du pays en matière d'énergie pourraient permettre une mobilisation forte d'équipes de recherche publiques et privées tout en donnant lieu à des partenariats fructueux et profitables.

DEUXIÈME SÉANCE

Les hydrocarbures et leur place actuelle et future dans le bouquet énergétique dans le monde et au Maroc

Jean-Pierre FAVENNEC

Directeur du Centre économique et gestion de l'Institut français du pétrole

A la fin du XX^e siècle, l'énergie paraissait abondante et donc bon marché. La demande augmentait lentement, et les ressources paraissaient très suffisantes. Des excédents de capacité réels ou potentiels permettaient aux consommateurs de bénéficier de prix relativement bas. Le prix du pétrole oscillait entre 15 et 25 dollars le baril – avec des chutes à des niveaux très faibles – le prix du gaz, indexé sur celui du pétrole, restait modéré, le prix du charbon était plutôt orienté à la baisse, accompagnant la diminution des coûts de production. Depuis 2000, on assiste à une transformation totale du paysage énergétique : prix du pétrole à un niveau record, prix du gaz aux Etats-Unis à des valeurs inconnues auparavant, prix du charbon en forte hausse. Augmentation imprévue de la demande, capacités de production insuffisantes, déréglementation du secteur énergétique ? Quels sont les principaux facteurs à l'origine de la situation actuelle ?

Energie et développement économique

La consommation d'énergie est en forte augmentation, aussi bien sur une longue période qu'à court terme. La croissance a été très forte de 1945 à 1973, pendant les « Trente Glorieuses » marquées par la forte progression de l'activité économique. Cette progression s'est appuyée sur un pétrole abondant et bon marché qui a permis le développement massif des transports mais également de l'industrie, où le charbon a été largement remplacé par le fuel oil, plus facile d'emploi.

La consommation globale d'énergie et de pétrole en particulier a été directement affectée par les grands événements économiques et politiques de la fin du siècle : les deux chocs pétroliers de 1973 et 1979, le contre-choc pétrolier de 1986 (effondrement du prix), la disparition de l'Union soviétique et la profonde crise économique qui a frappé l'un des plus grands producteurs et consommateurs d'énergie, la crise monétaire dans les pays émergents en 1997-1998 et plus particulièrement en Asie. Mais globalement, la tendance à une forte hausse est restée inchangée.

Le pétrole couvre 35 % des besoins en énergie, le charbon 23 %, le gaz naturel 21 %, le nucléaire 4 %, l'hydraulique 4 %. La biomasse (12 % de la production d'énergie) reste un combustible majeur dans de nombreux pays africains. Les nouvelles énergies renouvelables (solaire, vent, géothermie...), malgré leur intérêt, ne représentent que moins de 1 % de l'énergie consommée.

Depuis deux ans, la consommation d'énergie, tirée par une croissance économique mondiale qui atteint des niveaux record, augmente beaucoup plus rapidement. La consommation de pétrole, dont le rythme de croissance était de moins de 2 % par an, a augmenté en 2004 de plus de 3 %, et la tendance semble identique pour 2005. La consommation de gaz et de charbon progresse de façon similaire...

Prévisions de consommation d'énergie

La consommation mondiale d'énergie continuera sa croissance dans les prochaines années du fait de l'augmentation de la population et de l'élévation du niveau de vie. De nombreux scénarios sont possibles, selon en particulier le rythme de la croissance économique et le degré de protection de l'environnement recherché. Deux scénarios extrêmes peuvent servir de guides : un scénario de faible croissance économique (2 % environ), avec de fortes contraintes d'environnement, qui aboutit à une augmentation limitée de la demande d'énergie et un scénario de forte croissance économique qui ne sera réalisable qu'avec des contraintes d'environnement plus faibles, car il aboutit à une forte demande d'énergie. Ainsi en 2020, la consommation mondiale pourrait s'établir entre 12 et 15 Gtep (contre 11 Gtep en 2003). Pour 2050, l'incertitude est très grande, mais un doublement des besoins en énergie est envisageable.

La plupart des scénarios ont de nombreux points de convergence, au moins jusqu'en 2020 :

- l'intensité énergétique diminue de 1 % par an environ (meilleure « productivité »), et la croissance annuelle de la demande d'énergie est de l'ordre de 2 % ;
- les énergies fossiles continuent à représenter près de 90 % de l'approvisionnement énergétique mondial (hors énergies non commerciales) ;
- la part des hydrocarbures dans la consommation d'énergie commerciale resterait de l'ordre de 60 % ;
- la demande de pétrole représenterait une part constante de l'ordre de 40 % de l'énergie commerciale.

Le *pétrole* restera l'énergie dominante. Sa part dans le bilan global évoluera peu, et sa consommation en valeur absolue augmentera et pourrait approcher 5 Gtep en 2020 (3,8 en 2005). La production mondiale de *gaz* pourrait passer de 2,4 Gtep en 2005 à plus de 3,5 en 2020. La part du gaz, combustible propre, dans le bilan global augmentera. Au total, les hydrocarbures (pétrole et gaz) continueront à satisfaire plus de 50 % de la demande totale d'énergie (y compris les énergies renouvelables) jusqu'au milieu du siècle.

Les prévisions de demande de *charbon* réalisées au début des années 80 tablaient sur un développement sensible de son utilisation. Mais la baisse du prix du pétrole et la montée des préoccupations écologiques ont freiné l'accroissement de sa consommation, qui pourrait néanmoins dépasser 3 Gtep en 2020 (2,8 en 2005).

L'électricité d'origine *hydraulique* pourrait se développer dans des proportions importantes dans les grands bassins d'Afrique, d'Amérique du Sud ou du continent indien. Mais les difficultés de financement, la faiblesse des débouchés locaux et la saturation des sites disponibles dans les pays de l'OCDE limitent ce développement. La production de cette énergie au plan mondial atteindrait environ 0,8 Gtep en 2020 contre 0,7 en 2006.

Les délais de construction et de mise en service des *centrales nucléaires* étant de l'ordre de 10 à 15 ans, le nombre de projets actuels semble devoir limiter les prévisions à moins de

1 Gtep en 2020 (0,6 en 2005). Par ailleurs, les problèmes d'acceptation par le public pourraient entraîner une révision en baisse.

Bien qu'en forte progression – en taux de croissance – les *énergies renouvelables* ne représenteront qu'une faible part du bilan énergétique à 20 ou 30 ans. Les nouvelles filières d'énergies renouvelables – éolienne, solaire et biomasse – devraient au plan mondial se situer en deçà de 1 Gtep.

La consommation d'énergie non commerciale, essentiellement constituée de *bois*, de *déchets végétaux et animaux*, est estimée à environ 1,5 Gtep actuellement. L'évolution de cette forme de consommation devrait évoluer en fonction de la croissance démographique et du prix des énergies concurrentes dans les pays en voie de développement.

La production de pétrole et de gaz

Même si la part de marché du pétrole dans les approvisionnements énergétiques tend à stagner à 35 % environ depuis quelques années, cette source d'énergie demeure la première en valeur absolue avec une production mondiale annuelle de 3 500 millions de tonnes environ. La production de pétrole a été multipliée par dix depuis la Seconde Guerre mondiale sous l'effet des découvertes dans plusieurs régions du monde. Tout d'abord concentrée en Amérique du Nord, la production s'est diversifiée au Moyen-Orient, en Extrême-Orient puis en Afrique du Nord, en Afrique noire et en mer du Nord.

Depuis le début des années 90, l'Arabie saoudite est le premier producteur mondial. Sa production, de l'ordre de 11 millions de barils par jour, parfois dépassée par celle de la Russie, est toutefois liée aux décisions d'augmentation ou de réduction des quotas de l'OPEP où elle joue un rôle prépondérant du fait de ses capacités de production, de ses réserves (25 % des réserves prouvées mondiales) et de la faiblesse de ses coûts de production.

Premier producteur mondial au cours des années 80 avec plus de 12 millions de barils par jour, l'ex-Union soviétique a subi les conséquences de la crise économique des années 90 et a vu sa production chuter par la suite, faute d'investissement. L'actuelle CEI demeure toutefois un des acteurs majeurs du marché, comme en témoigne la reprise vigoureuse de la production entre 1995 et 2003 : de 6,5 à plus de 11 millions de barils par jour.

En dépit du déclin de leur production depuis les années 80, déclin provoqué par des prix relativement faibles, les Etats-Unis conservent le rang de 3^e producteur mondial avec environ 6,8 millions de barils par jour.

L'objectif de l'OPEP de maintenir un équilibre entre offre et demande garantissant un prix suffisamment élevé pour tous ses pays membres sera d'autant plus facile à atteindre que la part de marché globale du cartel est élevée. Cette part de marché a culminé à plus de 50 % au début des années 70, avant de chuter à moins de 30 % au milieu des années 80, pour s'établir aujourd'hui à environ 40 %.

La production de gaz naturel s'est adaptée à la demande. L'apparition de « bulles de gaz » a même conduit périodiquement à des prix particulièrement bas. Les ressources sont importantes et devraient permettre de faire face aisément aux besoins. Mais l'éloignement des gisements (Russie du Nord, Moyen-Orient) se traduit par des investissements considérables pour lesquels les producteurs demandent des garanties (contrats *take or pay* par exemple) que les consommateurs ne sont pas toujours prêts à fournir.

Les réserves d'énergie

Comme 80 % de la demande d'énergie devra être satisfaite à l'avenir par les énergies fossiles – qui ne sont pas renouvelables – le débat sur les réserves et en particulier les réserves de pétrole est au cœur de l'actualité.

Ressources et réserves

Il faut distinguer, pour un champ ou une région donnée, les ressources ou volumes en place (quantités totales de pétrole, de gaz ou de charbon présentes) et les réserves (quantités effectivement récupérables). La fraction récupérable dépend bien entendu de l'état de la technique et du coût que l'exploitant est prêt à payer. Les réserves prouvées sont les quantités que l'on peut récupérer dans les gisements identifiés dans les conditions techniques et économiques du moment. On considère généralement qu'il y a au moins 90 % de chances de récupérer effectivement les réserves prouvées. On définit souvent également les réserves probables – 50 % de chances d'être produites – et possibles – 10 % de chances d'être produites.

Les réserves de pétrole brut conventionnel

Les réserves mondiales prouvées de pétrole brut conventionnel sont de l'ordre de 160 milliards de TEP, soit une quarantaine d'années de production au rythme actuel. Des réserves supplémentaires (environ 100 milliards de TEP) peuvent être espérées à partir de nouvelles découvertes mais également à partir d'une meilleure connaissance des gisements existants. Par ailleurs, les taux moyens de récupération, de l'ordre de 30 à 35 % actuellement, pourraient atteindre 40 à 50 % dans le futur et contribuer à l'augmentation des réserves soit sur les champs en production soit – mais cela paraît moins vraisemblable – par une nouvelle mise en production de champs considérés aujourd'hui comme épuisés. La contribution de ces réserves additionnelles dépendra du prix du pétrole et des avancées technologiques et sera sans doute étalée dans le temps. On peut néanmoins l'estimer à environ 100 milliards de TEP.

Les réserves de pétrole non conventionnel

On entend par pétrole non conventionnel un pétrole qui ne peut être produit par les méthodes « conventionnelles ». Il s'agit pour l'essentiel des huiles extra-lourdes et des sables asphaltiques.

Les *huiles extra-lourdes* ont une densité inférieure à 1 (moins de 10° API). Elles sont situées en particulier au Venezuela dans le bassin pétrolier de l'Orénoque qui renferme quelque 170 Gt d'un brut extra-lourd, selon les estimations de la compagnie vénézuélienne PDVSA. Avec un taux de récupération estimé à 8 %, les réserves de ce bassin seraient de 14 Gt en l'état actuel des techniques, les réserves potentielles étant estimées à 40 Gt. Elles dépasseraient donc celles de l'Arabie saoudite (36 Gt). Mais ces bruts extra-lourds, qui sortent liquides du gisement du fait de la température élevée qui y règne, sont difficiles à transporter. Ils sont transportés jusqu'à la côte, mélangés à du diluant, puis pré-traités et transformés par des procédés de craquage en un pétrole plus léger qui peut être facilement transporté et traité dans une raffinerie conventionnelle.

Les *sables asphaltiques* ont une composition sensiblement analogue à celle des bruts extra-lourds et sont essentiellement concentrés au Canada (en Athabasca et sur l'île Melville). Les ressources sont pour l'instant évaluées à environ 300 Gt, dont 34 Gt pourraient être récupérables. Les techniques mises en place pour les extraire ont un coût de l'ordre de 15 à 20 dollars le baril.

Les *schistes bitumineux* sont des roches qui contiennent de la matière organique dont la transformation en hydrocarbures n'est pas complète et qui peuvent, sous l'effet d'une forte chaleur, donner des huiles comparables à certains pétroles bruts. Ces schistes bitumineux représentent des ressources considérables, mais les coûts de production sont très élevés, et les techniques actuelles d'exploitation sont très nocives pour l'environnement. Il existe une exploitation de schistes en Lituanie, mais cette exploitation n'est maintenue que pour des raisons historiques.

La répartition des réserves de pétrole est très inégale. Près de 80 % de ces réserves sont situées dans les pays de l'OPEP, 60 % dans cinq pays riverains du Golfe arabo-persique : Arabie saoudite, Irak, Iran, Koweït et Émirats arabes unis. Les pays de l'OPEP disposent ainsi de réserves pour environ 80 ans de production, alors que le ratio R/P (réserves prouvées sur production) de l'ensemble des producteurs non OPEP est limité à moins de 16 ans. L'Amérique du Nord avec 12 ans de production et l'Europe de l'Ouest avec 9 ans sont les régions directement concernées par l'épuisement des réserves. Les ratios R/P des autres zones sont respectivement de 88 ans pour le Moyen-Orient, 33 ans pour l'Afrique, 42 ans pour l'Amérique latine, 23 ans pour la CEI et 17 ans pour l'Asie.

Les réserves de gaz naturel

Les réserves prouvées de gaz naturel sont de l'ordre de 158 milliards de TEP (soit un ratio R/P de 57 ans) et permettraient un accroissement substantiel de la part du gaz naturel dans le bilan énergétique mondial. Des réserves supplémentaires d'environ 100 milliards de TEP peuvent être espérées à partir de nouvelles découvertes. En revanche, contrairement au pétrole, on ne peut pas parler d'une amélioration des taux de récupération qui permettrait une augmentation des réserves : en effet, pour le gaz, les taux de récupération sont déjà en moyenne de 80 %.

Les ressources non conventionnelles de gaz sont apparemment importantes, mais mal connues. Elles proviennent en particulier de gisements de charbon (*coal bed methane*), de schistes et de formations très peu perméables (*tight sands*) et enfin de gaz en solution dans les aquifères en zones de géopression. On mentionnera également les hydrates de gaz qui représentent des quantités extrêmement importantes.

Les réserves mondiales prouvées de gaz naturel se concentrent sur deux zones principales : la CEI (32 %) et le Moyen-Orient (41 %). Trois pays, la Russie, l'Iran et le Qatar, possèdent plus de 60 % des réserves de gaz.

Les réserves de charbon

Les réserves de charbon sont très vastes : environ 900 milliards de tonnes prouvés, soit environ 160 années de production au rythme d'extraction actuel. Elles sont largement supérieures à 1 000 ans si l'on prend en compte les réserves probables de l'ordre de 2 800 Mtep. Contrairement au pétrole et au gaz, les réserves de charbon sont relativement bien réparties à la surface du globe : 24 % en Amérique du Nord, 21 % dans la CEI, 19 % en Asie (hors Chine), 13 % en Afrique, 11 % en Europe et 11 % en Chine.

Les réserves d'uranium

Les réserves d'uranium récupérables à un coût relativement raisonnable, inférieur à 80 dollars le kilo d'uranium correspondent à environ 23 Gtep et permettraient d'assurer encore 65 ans

de production au rythme actuel. Mais le ratio R/P atteint 110 ans si l'on prend en considération les réserves récupérables à un coût supérieur, de l'ordre de 130 dollars le kilo. Les réserves d'uranium actuellement prouvées ou très probables permettront donc de satisfaire la croissance prévisible des besoins jusqu'à la fin du XXI^e siècle. Elles sont localisées principalement en Australie (26 %), au Kazakhstan (18 %), au Canada (14 %) et en Afrique du Sud (9 %).

La place des hydrocarbures au Maroc

Au Maroc, le secteur énergétique contribue à 7 % au PIB (134,6 milliards dollars en prix courant) en 2004. Les investissements dans ce secteur ont représenté 7 milliards de dirhams (814,34 millions de dollars), dont 4 milliards (465 millions de dollars) pour l'électricité.

Les spécificités du Maroc : une forte dépendance énergétique

Le Maroc est un pays qui dépend à 96 % de l'extérieur, alors que ses besoins en énergie sont en constante augmentation. Sa consommation est relativement faible : 12 MTep en 2004, alors que la France a consommé pour la même année 257 MTep et l'Espagne 125 MTep. Ce qui représente une consommation par tête de 0,4 Tep (32,726 millions d'habitants) contre 4,25 et 3,13 respectivement pour la France et l'Espagne. Néanmoins, la consommation en énergie s'est accrue de 3,4 % par an au cours de la dernière décennie.

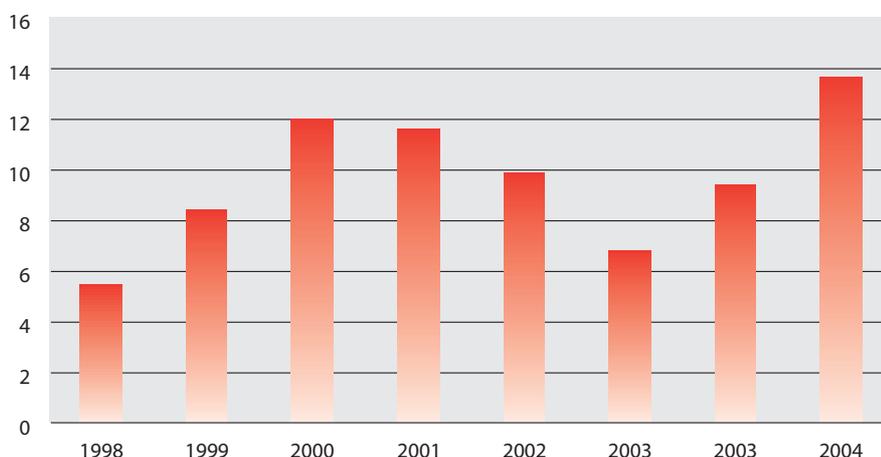
Le pétrole représente près de 60 % de la consommation d'énergie au Maroc contre 95 % dans les années 70. L'énergie électrique émane pour l'essentiel de combustibles fossiles (pétrole, charbon, gaz naturel).

La facture énergétique a été de 26 milliards de dirhams (soit 3,02 milliards de dollars pour un PIB de 134,6 milliards de dollars) en 2004, et la facture pétrolière a progressé quant à elle de 58 %, affectée par la hausse des cours mondiaux du pétrole.

Depuis 1998, la part des produits pétroliers dans les importations nationales est en augmentation, s'établissant à 13,7 % à fin novembre 2005 après 9,4 % en 2004 (une hausse qui explique à elle seule pour près de 47 % l'accroissement des importations globales enregistrées à fin novembre 2005).

Figure 1

Part des produits pétroliers dans les importations globales (en %)



Les atouts du Maroc

Tout d'abord, les réformes ont été engagées assez tôt dans le secteur de l'énergie et le gouvernement a privatisé les sociétés de raffinage et de distribution des produits pétroliers et a octroyé des concessions pour la production indépendante d'électricité (celle-ci est désormais soumise à une gestion déléguée à Casablanca, Rabat et Tanger-Tétouan). La libéralisation du secteur électrique est également en cours.

Le Royaume a adopté un nouveau code des hydrocarbures et a promulgué la loi portant sur la création de l'Office National des Hydrocarbures et des Mines (ONHYM), né de la fusion en juillet 2003 de l'ONAREP et du BRPM.

Le second atout du pays réside dans sa position géographique privilégiée pour une intégration régionale. Pays de transit entre l'Afrique et l'Europe, le Maroc voit passer sur son territoire le Gazoduc Maghreb Europe (GME) et les interconnexions des réseaux électriques Maroc-Espagne et Maroc-Algérie. Ainsi, le Maroc est devenu un préalable au projet d'intégration progressif des marchés électriques et gaziers des pays maghrébins au marché intérieur européen de l'électricité et du gaz.

D'autre part, le Royaume du Maroc dispose de bassins sédimentaires favorables à l'exploitation pétrolière. La recherche et l'exploitation pétrolière ont été renforcées depuis le début de la décennie avec l'adoption du nouveau code des hydrocarbures en février 2000 et la stratégie de recentrage des activités de l'ONHYM autour de la prospection pétrolière. Le sous-sol marocain fait l'objet d'un regain d'intérêt à travers l'octroi de 76 permis de recherche en *off shore* et *on shore* et de 6 autorisations de reconnaissance en *off shore* et *on shore*. Plus de 20 compagnies étrangères opèrent actuellement dans l'exploration pétrolière. Mais jusque-là, seuls les gisements de gaz dans le Gharb et à Essaouira ont été découverts.

Tableau 1

Production et réserves de pétrole et de gaz naturel en 2004

Données 2004	Pétrole	Gaz naturel
Production	1000 b/j	500 millions mètres cubes
Réserves prouvées	300 millions barils	665,4 millions mètres cubes

Source : <http://www.cosmovisions.com/EtatsTables.ht>

L'exploration pétrolière au Maroc

Entre 1999 et 2005, plus de 3,5 milliards de dirhams (soit 409 millions de dollars environ) ont été dépensés dans l'exploration pétrolière selon Mohammed Boutaleb, le ministre de l'Énergie et des Mines. Cet effort est jugé encore insuffisant par ce dernier, mais la cadence de l'exploration est en pleine accélération. Pour la période 2006-2009, le plan stratégique de l'ONHYM vise une montée en puissance de l'exploration pétrolière et minière.

Enfin, d'importants gisements en énergies renouvelables sont disponibles au Maroc, et en particulier l'éolien (potentiel de 6 000 MW) et le solaire. Plusieurs ouvrages ont été réalisés, sont en cours de construction (parcs éoliens, centrales hydro-électriques, centrales thermo solaires) ou sont programmés à moyen terme (centrales à cycles combinés et au charbon).

Le Maroc s'est doté d'une stratégie énergétique pour accompagner le développement économique et social du pays. Il diversifie les formes d'énergies utilisées : énergies renouvelables (solaire, éolien, biomasse), combustibles fossiles et autres ressources. Il diversifie également l'origine des importations.

L'Arabie saoudite demeure le premier fournisseur de pétrole du Maroc, avec 41,9 % des importations contre 47,9 en 2003.

Tableau 2

Principaux fournisseurs de pétrole brut du Maroc en 2004

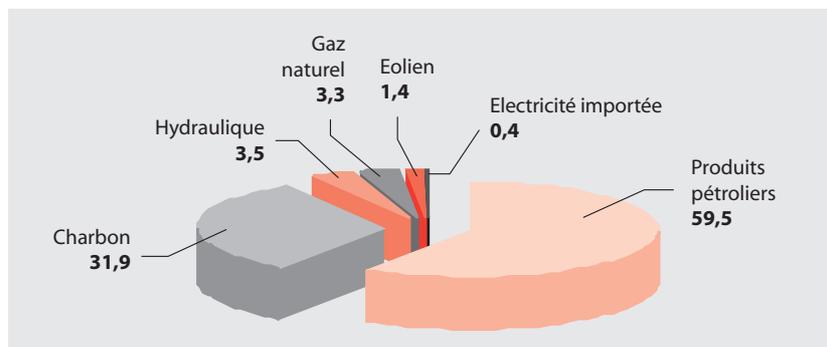
Arabie saoudite	6,1 milliards de Dh, soit 712 millions de \$
Russie	5,4 milliards de Dh, soit 630 millions de \$
Iran	2,2 milliards de Dh, soit 257 millions de \$
Irak	588 millions de Dh, soit 69 millions de \$

En 2005, le bilan énergétique marocain fait ressortir une consommation d'énergie d'environ 12,25 Mtep, dont 95 % proviennent de combustibles fossiles (produits pétroliers, charbon et gaz naturel).

Par ailleurs, le Maroc dispose d'une énergie électrique nette appelée de 19 508 GWh, dont 90 % de l'énergie produite provient du thermique (charbon, fuel et gaz naturel).

Figure 2

Bilan énergétique du Maroc en 2005 (en %)



Source : Ministère de l'Energie et des Mines.

Le Maroc s'est engagé dans un processus qui vise à terme à aligner les prix de l'énergie sur ceux appliqués dans les pays méditerranéens. Au cours des dernières années, les tarifs de l'électricité ont baissé de 35 % pour l'industrie. Les cours internationaux ont eu une répercussion très partielle sur les prix intérieurs des carburants. Enfin, le gouvernement a mis en place des mesures fiscales en 2003 et 2004 pour favoriser l'accès à l'énergie (réduction et suspension de taxes).

Le nouvel ordre énergétique mondial oblige le Maroc à chercher une interdépendance énergétique car il est très dépendant de l'extérieur (96 %). Pour cela, il multiplie les opportunités de partenariats avec le reste de l'Afrique. Les marchés électriques et gaziers des pays maghrébins s'intègrent progressivement au marché intérieur européen de l'électricité et du gaz.

Face à un contexte énergétique complexe, le Royaume du Maroc garde toutes les options ouvertes. Il participe à l'intégration régionale dans le système d'approvisionnement énergétique et exploite toutes les opportunités que lui offrent les nouvelles réponses aux changements climatiques.

Prix et capacités de production

Le prix du pétrole

Après son effondrement à 10 dollars le baril à la fin de 1998, le prix du pétrole brut s'est fortement redressé. Il a franchi 50 dollars le baril en 2004, atteignant ainsi un nouveau record (au moins en dollars courants puisque, en dollars de 2005, les prix atteints après le deuxième choc pétrolier flirtaient avec 100 dollars). Habituellement, les explications données à ce niveau record sont les suivantes :

- forte demande de pétrole due à une croissance économique très forte, en particulier en Chine et aux Etats-Unis ;
- effet de la « spéculation » (les avis diffèrent largement sur l'impact de cette spéculation dont la réalité n'est cependant pas niée) ;
- disparition des capacités excédentaires de production.

Le prix du pétrole est élevé, du moins si l'on prend en compte quelques repères :

- le coût de production d'un baril ne dépasse pas 3 dollars en Arabie saoudite, 5 dollars au Moyen-Orient, 5 à 10 dollars dans les autres pays producteurs et 15 dollars pour le baril le plus cher à produire : pétrole des zones difficiles de la Mer du Nord, pétrole synthétique de l'Orénoque ou de l'Athabasca ;
- la plupart des pays producteurs de pétrole membres de l'OPEP (sauf l'Indonésie) dépendent à 80 ou 90 % du pétrole pour leurs recettes budgétaires. Ils établissent leur budget sur la base d'un baril compris entre 20 et 25 dollars (les recettes provenant d'un prix supérieur sont utilisées pour des dépenses exceptionnelles : remboursement de dette, équipements exceptionnels...) ;
- les compagnies pétrolières fondent leurs décisions de mise en production d'un gisement sur un pétrole à 20-25 dollars le baril.

Le prix actuel est donc élevé, supérieur au prix minimum nécessaire à un bon fonctionnement de la chaîne des opérations et à un bon approvisionnement du marché pétrolier. Cependant, ce prix devrait avoir deux effets : limiter l'accroissement de la demande et favoriser la mise en production de nouveaux gisements. Cela ne semble pas être le cas. Pourquoi ?

Côté demande, alors que les deux chocs pétroliers, en multipliant les prix par 10, avaient entraîné une diminution de 15 % de la demande, les prix élevés observés depuis près de 5 ans (à l'exception de la période post 11-Septembre) semblent sans effet. Plusieurs explications sont avancées :

- Le poids du pétrole dans l'économie est beaucoup plus faible qu'il y a 20 ans. Ainsi le poids de la facture énergétique s'est-il beaucoup allégé. La France dépensait près de 6 % de son PNB pour acquérir son pétrole au début des années 80 ; ce chiffre est à peine supérieur à 2 % actuellement. Utilisation plus efficace du pétrole, augmentation de la part des services, peu consommateurs d'énergie ... expliquent cette situation. Il faut remarquer cependant que si le poids du pétrole dans les économies développées s'est allégé, il reste très lourd dans les pays en voie de développement les plus pauvres : ainsi, le Sénégal dépense plus de 8 % de son PNB pour acheter son pétrole.

- Le poids des taxes dans le prix de l'essence et du gazole atténue considérablement l'impact des variations du prix du brut. Très grossièrement en France (et dans de nombreux pays européens) le doublement du prix du brut, de 25 à 50 dollars le baril, se traduit par une hausse du prix de l'essence à la pompe de 15 à 20 centimes d'euros, soit 15 % du prix au consommateur. Cet écart est le même que celui constaté entre une pompe de grande surface et certaines petites stations en centre ville ou à la campagne.

Côté offre, la production non-OPEP semble plafonner dans de nombreux pays, à l'exception de la CEI (Russie et pays de la Caspienne, Kazakhstan et Azerbaïdjan en particulier) et de l'Afrique de l'Ouest. Seuls les pays OPEP, en particulier ceux du Moyen-Orient, semblent avoir un potentiel important d'accroissement de leur production. L'Arabie saoudite affiche de manière systématique sa volonté de disposer d'une capacité excédentaire de production de 1,5 à 2 millions de barils par jour et se dit prête, lorsque le marché l'exigera, à porter progressivement sa capacité totale de production à 12 voire à 15 millions de barils par jour. Mais qui réalisera les investissements nécessaires ?

Les compagnies privées internationales limitent leurs investissements. Les cinq plus grandes sociétés internationales (Exxon-Mobil, Shell, BP, Chevron-Texaco, Total) ont réalisé plus de 120 milliards de bénéfices en 2005, les dix premières près de 150 milliards. Mais une part très importante de ces profits est utilisée pour désendetter les groupes (les dettes représentent moins de 10 % des capitaux permanents) et rémunérer les actionnaires : Exxon Mobil, qui a gagné plus de 25 milliards en 2004, a racheté pour 10 milliards de dollars de ses propres actions pour améliorer le cours du titre. Royal Dutch Shell s'est engagé à distribuer 10 milliards de dollars de dividendes (pour un bénéfice de 18,5 milliards). BP, qui a engrangé 16,2 milliards de profits, versera 23 milliards de dollars aux investisseurs cette année et l'année prochaine, principalement sous forme de dividendes. Ces sociétés sont réticentes à investir pour plusieurs raisons :

- Les bassins les plus prometteurs ne leur sont pas accessibles. Les pays OPEP contrôlent 80 % des réserves, et ce sont les réserves les moins chères à produire. Mais ces pays, depuis les nationalisations des années 70, restent globalement réticents à une réouverture de leur domaine pétrolier et gazier aux grandes compagnies internationales. L'Arabie saoudite et le Koweït sont totalement fermés. L'Iran s'est ouvert avec beaucoup de frilosité. Hors Moyen-Orient, le Venezuela n'a ouvert que les champs marginaux et les réserves de brut extra lourd aux compagnies étrangères. Hors OPEP, le Mexique reste totalement fermé aux compagnies non mexicaines, et la Russie, avec l'affaire Ioukos, montre qu'elle souhaite garder un contrôle étroit de ses réserves. D'où l'affirmation répétée des sociétés internationales : nous manquons de projets rentables.
- Elles tablent, à moyen terme, sur un prix du baril beaucoup plus faible que le prix actuel. Le consensus est plutôt sur 25-30 dollars que sur 50. En outre, elles considèrent que les fiscalités s'adapteront pour écremer les surplus de revenu. Les contrats de partage de production, largement utilisés dans des pays producteurs d'Afrique ou de la Caspienne, prévoient des mécanismes de répartition du pétrole entre l'Etat (ou la compagnie nationale) et les compagnies étrangères qui maintiennent un taux de profit stable en diminuant la quantité d'huile attribuée au partenaire étranger en cas de hausse des prix. Dans les contrats de concession, en cas de hausse des prix, l'Etat s'attribue une part croissante de la rente en augmentant les taux de redevance (*royalty*) et d'imposition. Au total, les Etats producteurs adaptent les fiscalités pour accroître leur part des revenus en cas de hausse des prix et laisser aux compagnies étrangères une part à peu près constante (en dollars par baril) de la rente. Cette politique est cohérente avec une approche politique dominante qui fait des ressources minières un bien du peuple

et de la nation, dont les bienfaits (et parfois l'exploitation – voir le cas du Mexique en particulier) doivent être réservés aux nationaux.

Quant aux sociétés nationales (Saudi Aramco, NIOC, FPC, ADNOC, PDVSA, Sonatrach, NNPC...), elles doivent rétrocéder à l'Etat l'essentiel des recettes qu'elles collectent à travers l'exploitation des gisements. Elles ne conservent qu'une faible part des revenus des hydrocarbures, et cette part est sans doute insuffisante pour investir dans les capacités de production nécessaires à la satisfaction des besoins.

Le prix du gaz naturel

Alors que le coût de transport du pétrole brut est faible (pour un prix du pétrole de 45 dollars par baril au départ du Moyen-Orient, les frais de transport jusqu'aux Etats-Unis ou au Japon ne dépassent pas 2 à 3 dollars), le coût de transport du gaz représente une part très importante de son prix final. Il n'existe donc pas un marché mondial du gaz mais trois marchés régionaux : celui de l'Amérique du Nord, celui de l'Europe et celui de l'Asie du Nord-Est.

Longtemps le prix du gaz en Amérique du Nord est resté faible, car la production était abondante et suffisante pour faire face aux besoins locaux. Par contre, l'Europe est très rapidement devenue dépendante des importations en provenance de la Russie, de l'Algérie et, plus récemment, de la Norvège. Quant à l'Asie du Nord – en particulier le Japon, premier importateur mondial – elle importe la totalité de son gaz depuis l'Indonésie, la Malaisie, l'Australie et le Moyen-Orient. Le prix du gaz était traditionnellement plus élevé en Europe qu'en Amérique du Nord et plus élevé en Asie qu'en Europe pour permettre des importations – coûteuses – de GNL.

La situation a changé récemment avec la très forte augmentation du prix du gaz aux Etats-Unis. Une demande en nette croissance ne pouvait plus être satisfaite par une production qui, malgré les efforts de recherche, plafonnait. D'où la nécessité à la fois de peser sur la demande et de permettre des importations – coûteuses – de GNL. Les terminaux américains de regazéification, construits dans les années 80 mais qui avaient peu servis retrouvent leur utilité et de nombreux projets sont à l'ordre du jour.

Conclusion

Contrairement à ses voisins arabes (à l'exception de la Tunisie), le Maroc ne dispose de ressources tangibles ni en pétrole ni en gaz (ni d'ailleurs en charbon) et doit importer la quasi-totalité de ses besoins. A moyen terme les recherches menées par l'ONHYM pourraient déboucher sur une production d'hydrocarbures.

Les hydrocarbures resteront une source majeure d'énergie pour le Maroc. Le pays se développe et a besoin de carburants et de combustibles. Les besoins en carburants seront pour de nombreuses années encore couverts par l'essence et le gazole, deux dérivés du pétrole. Pour la production d'électricité, enjeu majeur également du secteur de l'énergie, le Royaume utilise depuis quelques années des quantités importantes de charbon et a démarré récemment une production à partir du gaz livré par le gazoduc Méditerranée-Europe. Le Maroc dispose de ressources hydrauliques limitées. Un potentiel éolien intéressant existe dans le Nord du pays et le long de la côte Atlantique. Mais charbon et gaz (avec peut-être un appoint en fuel oil) resteront des combustibles privilégiés.

Le Royaume souffre aujourd'hui du prix très élevé des hydrocarbures dont le coût représente désormais une fraction trop importante de la richesse. Une optimisation des ressources énergétiques, des économies et une diversification sont donc des priorités.

Maîtrise de l'énergie et efficacité énergétique

Pierre DELAPORTE

Président honoraire d'Electricité de France (EDF)

Le secteur de l'énergie est un monde shakespearien, rempli de bruit et de fureur, d'affrontement, entre des intérêts colossaux et de querelles d'experts souvent misérables et toujours acharnées. Bien entendu, les interventions des politiques n'arrangent rien, car elles relèvent trop souvent de la démagogie électorale du type « blocage des prix ». Cette malédiction a toutefois connu une remarquable exception avec le plan dit Messmer, réponse française au premier choc pétrolier, qui mérite 21 sur 20. Pour éviter de tomber dans ce tohu-bohu, rien ne vaut mieux que partir d'un des rares consensus acceptés dans le secteur : l'énergie la moins polluante est celle que nous ne consommons pas ! Il faut bien lire la moins polluante et non la moins coûteuse, car le négawatt (mesure plaisante de l'énergie économisée) a un prix variable, très variable et souvent difficile à établir.

« *Eteind la lumière en sortant de ta chambre* » était une recommandation pleine de bon sens pendant ma jeunesse. Elle est moins évidente dans un logement à équipement sophistiqué, car l'apport de chaleur dû à l'éclairage est pris en compte dans les équilibres globaux. Par contre, il est toujours exact que, pour la même dépense d'amélioration du rendement, on économise cinquante fois plus d'énergie dans une centrale à charbon chinoise ou indienne que dans une centrale allemande.

Nous voici donc à pied d'œuvre de notre sujet et débarrassons-nous vite de la définition des mots-clefs. La politique de l'énergie se résume à la poursuite d'objectifs clairs grâce à la mise en place de moyens adéquats. Le meilleur exemple connu est le fameux « plan Messmer » que nous venons de mentionner. La maîtrise de l'énergie désigne en fait la maîtrise de la consommation en énergie : maîtriser l'énergie c'est « faire des économies » d'énergie. Cela passe en particulier par une amélioration de l'efficacité des consommateurs d'énergie comme les équipements électriques et les véhicules, dont nous reparlerons.

L'efficacité énergétique est une mesure simple associant par exemple « n » tonnes d'équivalent pétrole à « p » tonnes de ciment ou d'aluminium. A même production industrielle, plus la consommation d'énergie est petite plus l'efficacité énergétique est grande.

Ceci fait, abordons maintenant la question de fond à l'aide de deux éclairages croisés qui nous permettront peut-être d'aboutir à une synthèse. Le premier, c'est qu'il existe des priorités différentes de part et d'autre de l'Atlantique. Pour faire court, les USA construisent leur politique de l'énergie sur deux pôles très forts : la R&D et les progrès des technologies du secteur et les mécanismes de marché du type « bourse des droits à polluer », alors que les Européens, sans négliger ces deux points, attendent davantage des textes de tout niveau qui constituent des incitations (fiscales, par exemple) ou qui, au contraire, découragent les activités suivant qu'elles sont jugées (à tort ou à raison) allant dans le bon ou le mauvais sens. Le deuxième, c'est que nous pouvons aisément montrer que les perspectives sont très contrastées entre « le

fixe » et « le mobile ». Le « fixe » c'est tout simplement votre lampe de bureau, votre frigo et votre ascenseur, mais aussi les installations de votre fournisseur de ciment et de fleurs coupées. Le « mobile », c'est votre automobile et plus généralement tout le matériel du secteur des transports.

Il existe une incroyable différence d'évolution entre les deux secteurs. L'exemple le plus spectaculaire de ces évolutions contrariées est celui de deux faux jumeaux nés vers 1900 : l'éclairage électrique et la voiture automobile. Si, en effet, les voitures avaient fait autant de progrès que les ampoules, vous iriez de Rabat à Marrakech avec un litre d'essence. D'énormes progrès peuvent être obtenus dans la production, le transport et la distribution de l'électricité et donc dans le fixe. Il faut (et peut-être il suffit) d'incitations fortes aux meilleures pratiques. Dans le mobile, au contraire, nous faisons du surplace. Le véhicule électrique (ou électrifié) piétine. L'hybride est forcément onéreux du fait de sa double motorisation. Comme J.F. Kennedy l'avait fait en annonçant : « Avant 10 ans un homme marchera sur la lune ... », nous aimerions entendre aujourd'hui : « Avant 10 ans, le moteur à eau (c'est une façon de parler) sera opérationnel et compétitif. »

Ce besoin d'accélérer les événements est nécessaire, car l'énorme dîme prélevée par les producteurs sur le pétrole fait courir au monde un double danger. L'un, quantitatif, est actuellement supportable sauf pour les pauvres, en ne freinant la croissance mondiale que de moins d'un point. L'autre, qualitatif, est redoutable, car les énormes masses d'argent ainsi récoltées peuvent aboutir chez des gestionnaires avisés mais aussi dans des mains peu dignes ou, pire, devenir une arme de militants intégristes que peu de choses séparent de certains illuminés.

Mais qui fera le pari d'un changement de vitesse en R&D ? Certainement pas l'OPEP ou la Russie et encore moins les Américains malgré les déclarations de GW Bush en 2003 : « Je souhaite que les enfants qui naissent maintenant passent leur permis de conduire (donc en 2019 aux USA) sur un véhicule utilisant un carburant non polluant et pas plus cher que l'essence... ». Il s'agit là d'un vœu pieux exprimé par le membre d'une famille qui aujourd'hui profite largement de l'or noir avec un baril à 70 dollars.

L'effort doit donc venir de la bonne vieille Europe et de ses rares amis au nombre desquels figure évidemment le Maroc. Dans ce domaine comme dans beaucoup d'autres, il réside un considérable intérêt réciproque dans un rapprochement entre le Maroc et l'Europe, sous forme d'un partenariat privilégié.

Quelle forme concrète peut prendre dans le secteur de l'énergie ce partenariat privilégié ? J'en vois trois très importantes. La première réside dans une exploration en commun des méthodes de maîtrise de l'énergie. Les Européens devraient ouvrir à deux battants les portes de leurs méthodes, de leurs réussites et de leurs échecs afin que le Maroc puisse adapter à sa situation particulière les meilleures approches. La seconde repose sur une multiplication des opérations en BOT, en particulier dans le secteur de l'hydro-qui vient de retrouver la faveur de la Banque mondiale. La troisième est à chercher dans une forte accélération de la mise en valeur de schistes bitumineux qui, avec un baril d'huile à 70 dollars (et même à 40) va trouver sa place et que les pays européens ont tout intérêt à encourager, au besoin sous forme d'aide aux investissements. Dans ce domaine, comme dans beaucoup d'autres, un partenariat Maroc-Europe peut être mutuellement profitable.

Accès à l'énergie et sa maîtrise au Maroc, chiffres et éléments de réflexion

Amin BENNOUNA

Istishar Consulting

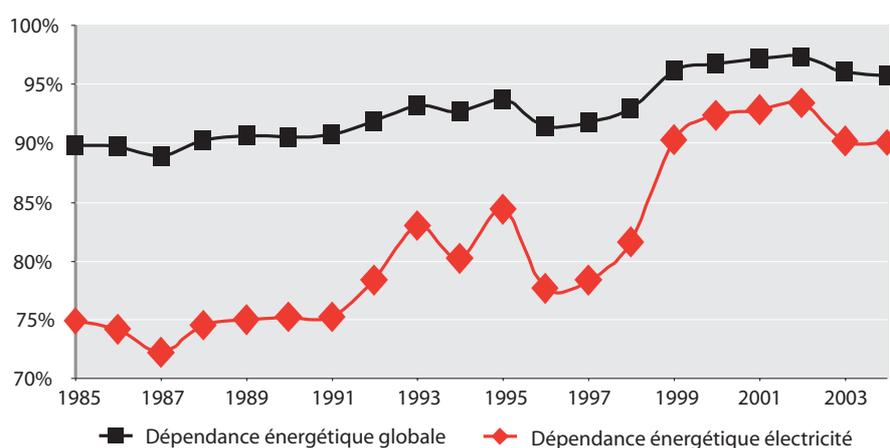
Introduction

Dépendance énergétique

Le Maroc est un pays dépendant de l'extérieur à plus de 95 % pour sa consommation globale d'énergie et à plus de 90 % pour la couverture de ses besoins en électricité. En plus du développement des ressources nationales (hydrauliques et éoliennes), la maîtrise de l'énergie est un des moyens qui permettrait de limiter les impacts néfastes (économiques et environnementaux) de l'accès des citoyens à l'énergie [1].

Figure 1

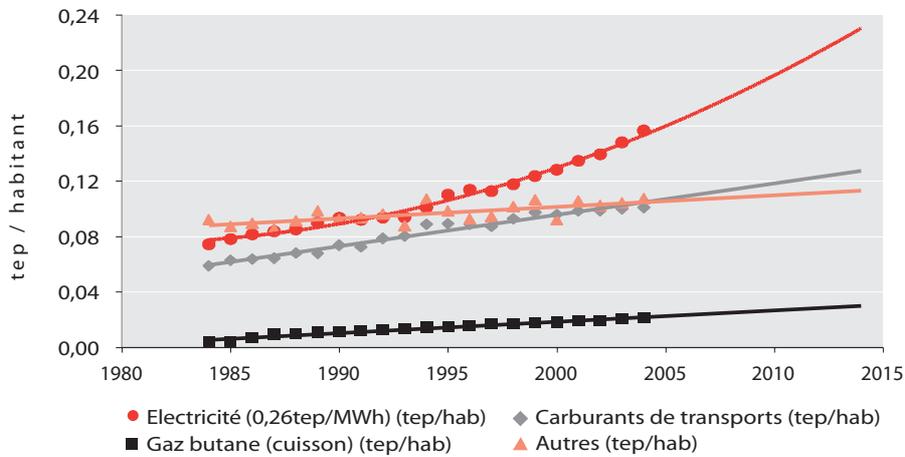
Dépendance énergétique



Segmentation de la consommation

La consommation d'énergie par habitant [1] montre une dominance de l'électricité (0,157 TEP en 2004) qui ira en s'accroissant ainsi qu'une égalité entre les carburants de transport (0,101 TEP) et les énergies thermiques (0,107 TEP) autres que le butane (0,022 TEP), les premiers montrant une progression qui devrait porter les transports en deuxième position sur le très court terme.

Figure 2
 Consommation d'énergie par habitant



1. Accès des citoyens à l'énergie

On entend par là l'ensemble des éléments qui peuvent faire que les produits énergétiques « modernes » soient rendus accessibles à la population : énergie thermique (carburants liquides ou gazeux), électricité (sous forme de connexion réseau ou décentralisée).

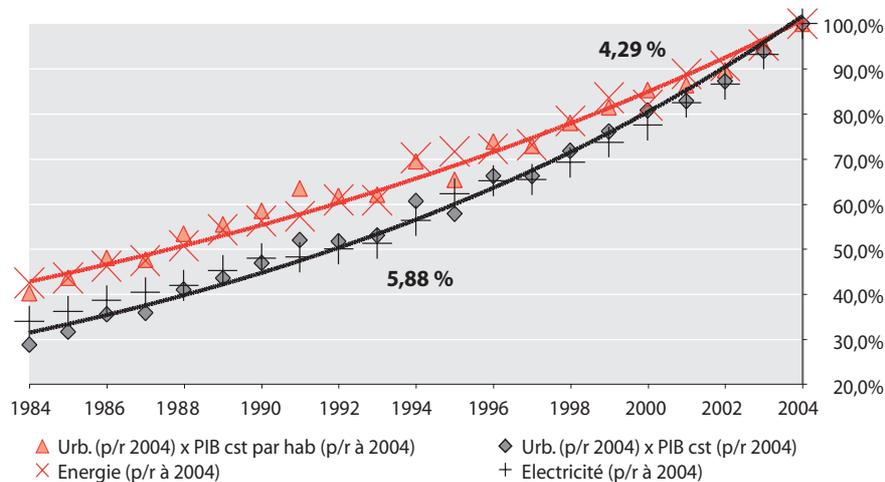
1.1. Evidences de l'inachèvement de l'accès à l'énergie

Durant les 20 dernières années, la rémanence d'une forte corrélation :

- entre la consommation d'énergie et le produit de la population urbaine par le produit intérieur brut constant par habitant ;
- entre la consommation d'électricité et le produit de la population urbaine par le produit intérieur brut constant global.

Ce sont des signes d'un accès à l'énergie encore largement inachevé.

Figure 3
 Consommation d'énergie et indices macro-économiques



Extrapolées à 2014 avec un PIB (en dirhams constants) croissant de 2,19 % (tendance de la décade 1994-2004), une population de 33,8 millions dont 66 % d'urbains, ces corrélations donnent des prévisions 2014 à :

- 17 100 kTEP pour l'énergie consommée (0,51 TEP par habitant), alors que les extrapolations simples donnent 17 300 kTEP ;
- dont 30 200 GWh pour l'électricité (900 kWh par habitant), alors que les extrapolations simples donnent 32 100 GWh.

1.2. Les outils publics de l'accès à l'énergie

Les outils que peuvent actionner les opérateurs publics en faveur de l'accessibilité sont :

- la disponibilité géographique (développement des réseaux de distribution, développement des réseaux de service) ;
- l'accessibilité financière (limitation des marges par contrôle des prix ; l'abandon de recettes fiscales, la subvention des investissements en amont, la subvention à l'équipement (péréquation)).

1.3. Les efforts publics en faveur des réseaux de distribution

Les outils effectivement actionnés par les opérateurs publics en faveur de l'accessibilité sont :

- l'énergie thermique (butane) :
 - disponibilité géographique (butane : incitation à créer des centres de remplissage régionaux),
 - accessibilité financière (Limitation des marges par contrôle des prix, Abandon de recettes fiscales, Subvention des investissements en amont) ;
- l'électricité :
 - disponibilité géographique (PERG : après l'échec du PNER et autres programmes d'ER) ;
 - accessibilité financière (limitation des marges par contrôle des prix, abandon de recettes fiscales (ONE exonéré de TVA à l'équipement), subvention à connexion villages (55 % financés par 2,25 cts / kWh urbain)).

1.4. Indices de l'accès à l'énergie des citoyens

Divers indices permettent d'apprécier l'évaluation de l'accès à l'énergie :

- énergie thermique (ici, le butane) :
 - coût unitaire,
 - consommation de butane par habitant,
 - consommation de butane par foyer ;
- consommation d'électricité :
 - coût unitaire,
 - consommation par habitant (information macro-économique),
 - taux d'électrification rurale (diffusion du réseau de distribution électrique),
 - taux d'abonnement rural (pénétration rurale),
 - nombre d'habitants par abonnement résidentiel (accessibilité géographique),
 - consommation par abonné (pouvoir d'achat de l'abonné).

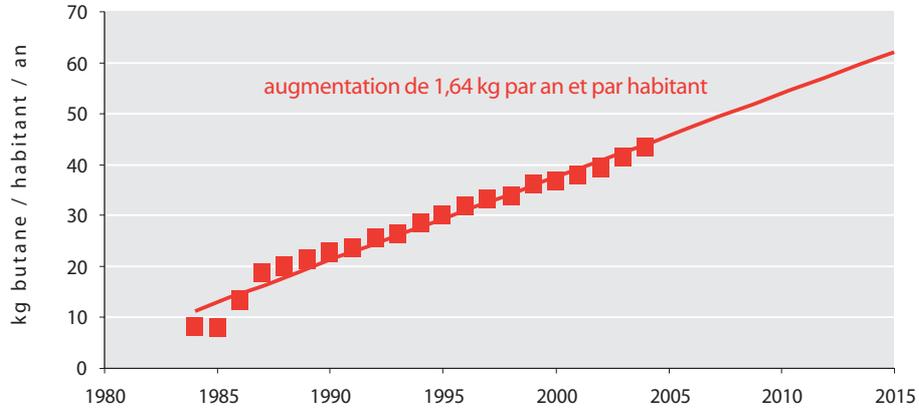
1.5. Evolution de l'accès à l'énergie

Avec le Programme d'électrification rurale global (PERG) et l'intensification des efforts en faveur de l'accès au gaz butane, la plupart des indices d'accès des citoyens à l'énergie thermique et à l'électricité sont en nette amélioration dans la dernière décennie :

- consommation annuelle de gaz butane par habitant croissant de 1,64 kg (3,9 %) par an ;

Figure 4

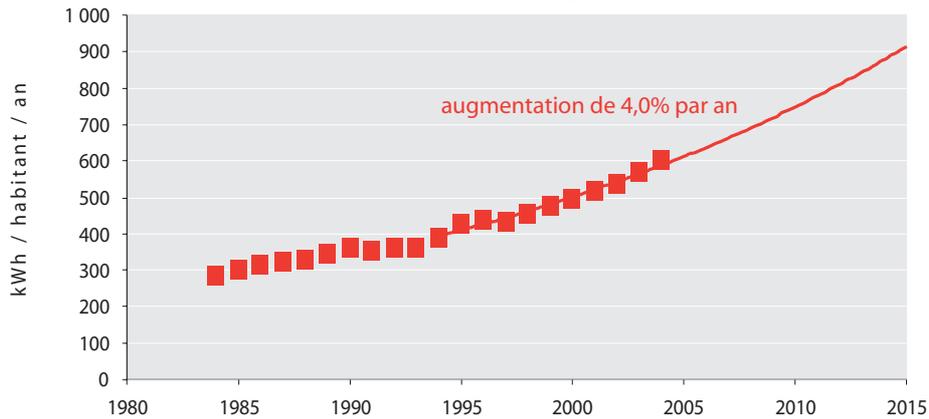
Consommation de gaz butane par habitant



- consommation d'électricité par habitant croissante de 4 % par an ;

Figure 5

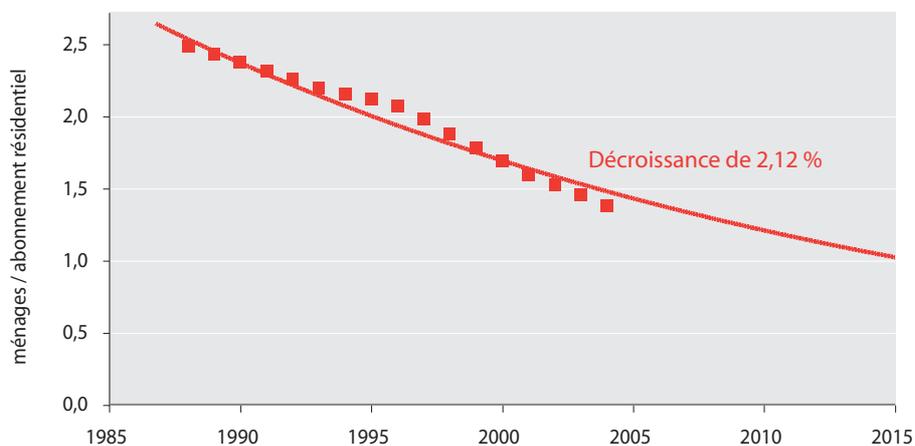
Consommation d'électricité par habitant



- densité d'abonnement électrique résidentiel décroissante de 2 % par an.

Figure 6

Densité d'abonnement électrique résidentiel



Dans le cadre du PERG, l'ONE a prévu d'équiper, avant fin 2008, 115 000 foyers situés dans des villages dont le coût du raccordement au réseau est excessif. La puissance cumulée de 8 MW, insignifiante au regard de la capacité installée (5 000 MW), ne l'est pas pour les 6 % des foyers ruraux concernés. L'ONE subventionne partiellement l'acquisition de kits solaires domestiques photovoltaïques. A fin 2005, environ 26 000 foyers étaient équipés dans ce cadre dans les provinces de Khouribga, Taroudant, Khenifra, Khemisset, El Jadida, Safi et Chichaoua.

2. Maîtrise de l'énergie

On entend par cela l'ensemble des mesures liées au choix des sources d'énergie, au choix des convertisseurs d'énergie, à la rationalisation de leur fonctionnement et à la rationalisation de l'utilisation de l'énergie. Il s'agit de mesures qui mènent à un coût moindre pour un même service rendu, le terme coût pouvant intégrer les composantes économiques, sociales et environnementales.

Le Maroc a au moins deux grandes raisons de renforcer sa politique de maîtrise de l'énergie :

Figure 7

Balance extérieure nette des produits énergétiques

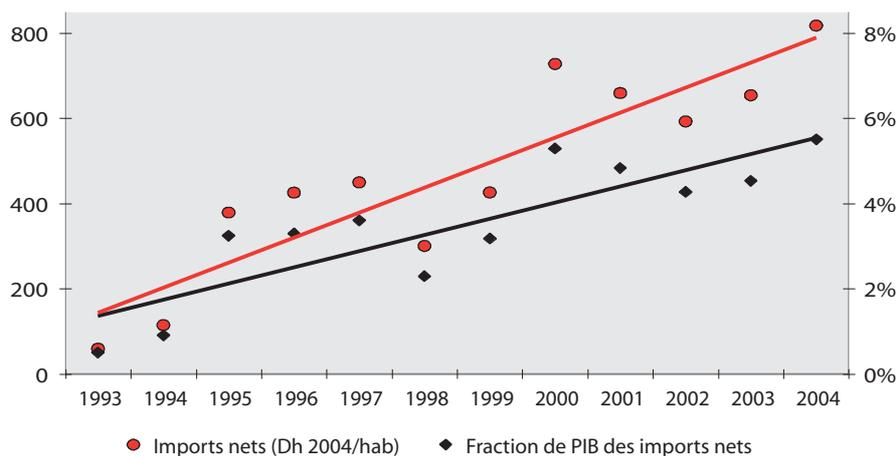
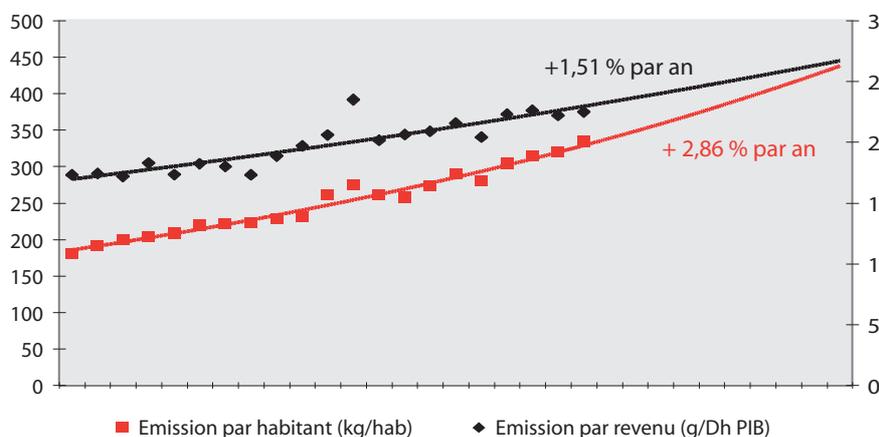


Figure 8

Emission de carbone par la consommation d'énergie



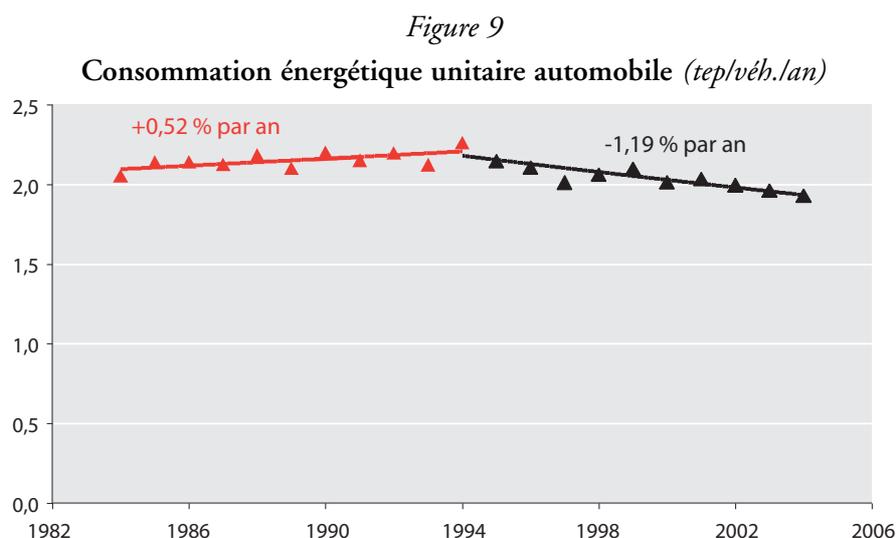
- première raison : dans la dernière décennie, la balance extérieure nette des produits énergétiques a crû d'environ 250 %, avoisinant 800 Dh par habitant et par an en 2004, soit presque 6 % du PIB ;
- deuxième raison : les émissions de gaz à effet de serre par habitant augmentent (2,86 % par an) sans que leur efficacité économique n'augmente (les émissions de carbone par dirhams de PIB constant augmentent de + 1,51 % par an).

La maîtrise de l'énergie comporte divers aspects résumés dans le tableau ci-dessous [2] :

Dimension	Avantages	Inconvénients
Economique	• Réduction de la consommation	• Perte de revenus – utilités
	• Réduction de la facture	• Economie probabiliste
	• Rationalisation des ressources	• Gain réinvesti ailleurs
	• Economie sur les soins de santé	• Financement additionnel
	• Réduction des dépenses en capital (moins d'infrastructures)	• Nouvelles compétences à développer
	• Réduction des coûts d'entretien	
	• Amélioration de la rentabilité des utilités publiques	
	• Développement d'activités de gestion (moins d'infrastructures)	
	• Consolidation d'une industrie	
Environnementale	• Maintien du développement économique	
	• Respect de l'intégrité des écosystèmes	• Avantage lointain
	• Diminution de la pression sur le territoire et l'environnement	• Bénéfice non tangible
	• Amélioration de la qualité de l'air	• Avantage incertain
Sociale	• Réduction des émissions de GES	• Coûts des mesures de renforcement
	• Autonomie énergétique accrue	
	• Acceptabilité auprès des collectivités	
	• Actions basées sur des mesures volontaires	
	• Respect des libertés individuelles	
	• Préservation du patrimoine (futur)	
	• Engagement pour des solutions comportementales	
• Solutions technologiques durables		

2.1. Automobile : « bonne pratique »

Malgré une augmentation du parc automobile, à raison de 3,4 % par an et par habitant, les initiatives prises en 1994-1995 visant au rajeunissement du parc automobile ont permis d'inverser la tendance de la consommation énergétique par véhicule en passant de + 0,52 % par an à 1,19 % par an.



Ces initiatives font figure de « bonnes pratiques » à retenir pour les autres des postes de la consommation énergétique.

2.2. Eclairage fluorescent : baisse des prix

L'éclairage fluorescent à tubes est depuis longtemps rentablement utilisé dans les applications professionnelles, et les prix récents des lampes fluocompactes placent l'éclairage fluorescent en bien meilleure position économique face à l'éclairage à incandescence pour les applications individuelles.

Type de lampe		Prix (Dh/U)	Durée de vie (h/U)	Rendement luménique	Coût de 1M lumen heure	Coût relatif du service d'éclairage (en %)
Incandescente	60W	7	1 000	8 lum/W	146	100
	75W	7	1 000	8 lum/W	143	98
	100W	7	1 000	8 lum/W	140	96
Fluocompacte	5W	35	4 000	35 lum/W	80	55
	7W	40	4 000	35 lum/W	71	49
	9W	40	4 000	35 lum/W	62	42
	11W	45	4 000	35 lum/W	59	41
	16W	50	4 000	35 lum/W	52	36
	20W	55	4 000	35 lum/W	50	34
Tube fluorescent	20W	80	8 000	40 lum/W	39	27
	40W	120	8 000	40 lum/W	36	24

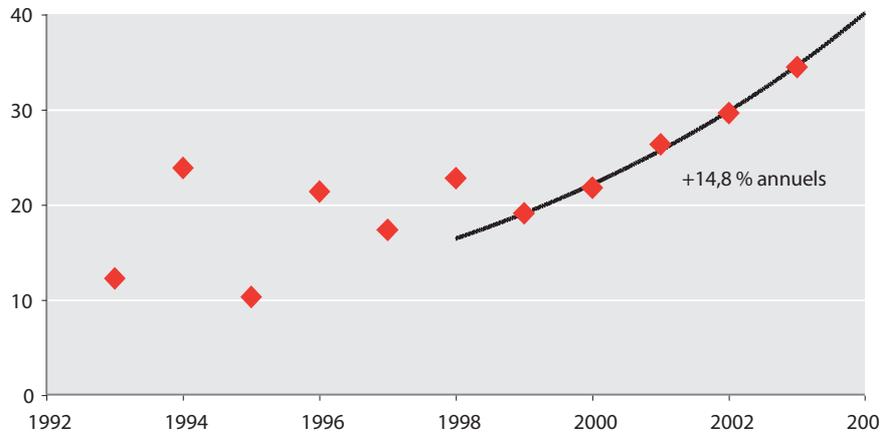
C'est ainsi que le coût global (investissement & fonctionnement) de l'éclairage se situe :

- pour le fluocompact, entre un tiers et la moitié de l'éclairage à incandescence,
- pour le fluorescent à tubes, aux environs du quart de l'éclairage à incandescence.

Après avoir suivi une évolution erratique jusqu'en 1999, à partir de 2000, la quantité d'ampoules fluorescentes importées par habitant a commencé à croître régulièrement de + 14,8 % par an et par habitant.

Figure 10

Importations d'ampoules fluorescentes et parties par habitant (g/hab.an)



Ceci est dû essentiellement, et sans aucune incitation, à une réduction du prix unitaire imputé au client marocain sous le double effet de la réduction des coûts industriels et de la baisse des droits de douane. Toutefois, les quantités importées en 2004 ne correspondent même pas à l'équivalent massique d'une fluocompacte par habitant et par an.

Les opérateurs les mieux placés pour inciter à l'éclairage fluorescent sont les distributeurs d'électricité. L'énorme écart relatif entre les coûts de l'éclairage à incandescence et fluorescent devrait leur permettre de générer des revenus de nature à compenser, fût-ce partiellement, le manque à gagner dans la vente d'électricité.

2.3. Chauffe-eau solaire (CES) : retards de l'équipement

Les tarifs des produits pétroliers mis en place en février 2006 et les prix courants du kWh électrique ont mis le CES amorti sur 5 ans en meilleure position que toutes les sources, à l'exception des combustibles détaxés ou subventionnés (butane et fuel lourd).

Source d'énergie	Unité	PCI ou ressource (en kWh par unité)	Prix commercial (en Dh par unité)	Prix à la source (Dh/kWh)	Rendement de conversion (%)	Prix utile (Dh/kWh)
Solaire thermique (10 ans)	m ²	5,20	4 250,00	—	50	0,45
Butane	kg	12,64	3,75	0,30	65	0,46
Fuel industriel	kg	11,53	3,31	0,29	60	0,48
Gaz naturel	m ³	10,33	5,00	0,48	65	0,74
Solaire thermique (5 ans)	m ²	5,20	4 250,00	—	50	0,90
Charbon	kg	6,61	3,33	0,50	55	0,92
Propane	kg	12,86	8,91	0,69	65	1,07
Electricité	kWh	1,00	1,20	1,20	100	1,20
Gasoil	litre	9,98	7,46	0,75	60	1,25
Solaire thermique (3 ans)	m ²	5,20	4 250,00	—	50	1,49

Ils ont également allongé la liste des sources d'énergie face auxquelles le CES s'amortit en moins de 5 ans.

Energie concurrente	Amortissement du CES
Gasoil	43 mois
Electricité	45 mois
Propane	50 mois
Charbon	59 mois
Gaz naturel	72 mois
Butane	118 mois
Fuel industriel	112 mois

Malgré ce positionnement de plus en plus favorable, seulement 9 % des 500 000 ménages de classe 7 et plus, propriétaires de leur logement et produisant l'eau chaude sanitaire à l'aide d'électricité sont équipés de chauffe-eau solaires.

Il faut d'urgence une loi nationale imposant l'arrivée d'eau froide et départ d'eau chaude dans l'habitat individuel.

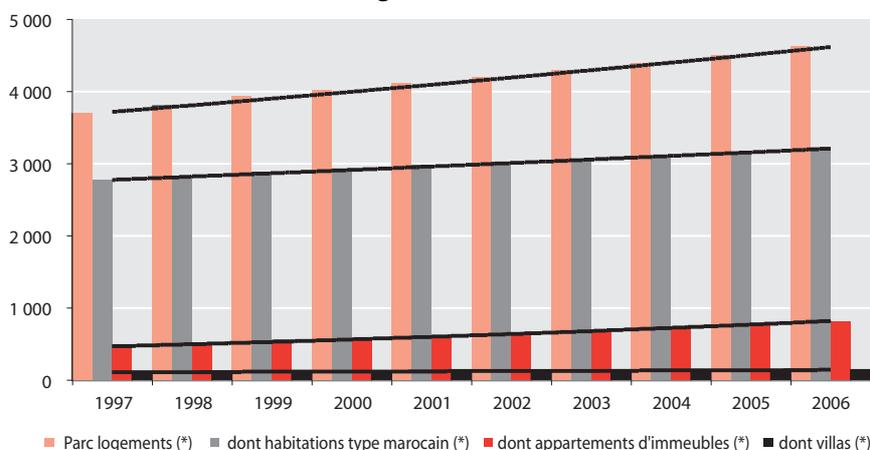
Les opérateurs les mieux placés pour inciter au CES sont les distributeurs d'électricité. L'écart entre les coûts devrait leur permettre de générer des revenus de nature à compenser partiellement le manque à gagner dans la vente d'électricité.

2.4. Bâtiment

En 2004, le parc logement atteignait 4,4 millions d'unités [3] parmi lesquelles :

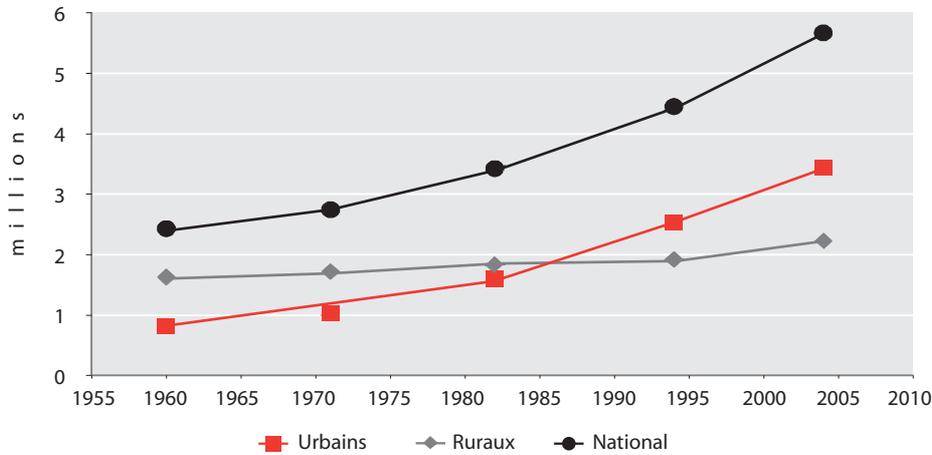
- les 3 160 000 habitations de type marocain croissent de 1,61 % par an ;
- les 720 000 appartements en immeuble croissent de 6,18 % par an ;
- les 150 000 villas croissent de 2,82 % par an.

Figure 11
Parc logements urbains



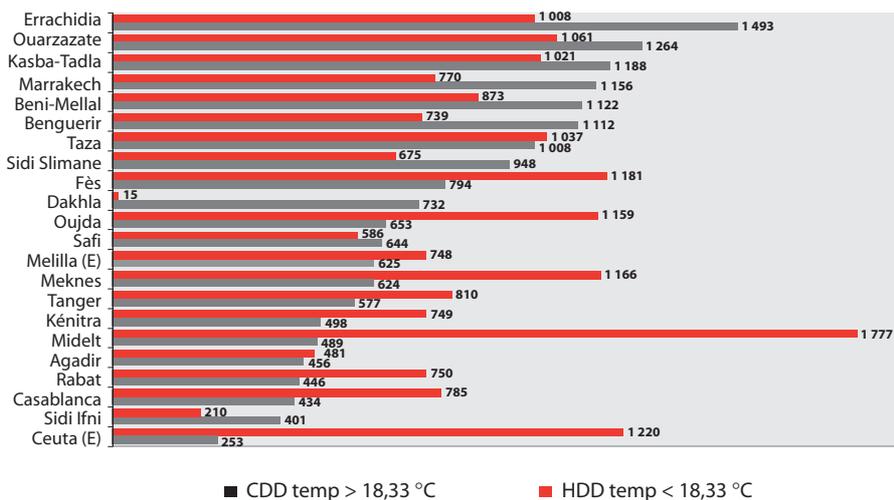
Le nombre de ces logements urbains ne croît globalement que de 2,4 % alors que le nombre de ménages urbains [4] s'accroît de 3,14 %.

Figure 12
 Nombre de ménages



Abstraction faite du problème de logement qui s'ensuivrait et qui n'est pas du ressort de cet écrit, de tels chiffres mèneraient à un doublement du parc logement en 30 ans et donc, à terme, au doublement des problèmes d'efficacité énergétique dans le bâtiment à l'heure où les ménages marocains auront sans doute des revenus suffisants pour en consacrer une partie au confort thermique de leur logement. En effet, comme la consommation moyenne des abonnés résidentiels de l'ONE avoisine 75 KWh par mois, soit moins de 1 kWh/m² couvert [6] [7], alors que les besoins [5] en conditionnement d'air (chauffage & refroidissement) ne sont pas négligeables dans nombre de grandes villes du Royaume.

Figure 13
 Besoin en chauffage et climatisation



Il y a un véritable « chantier » à ouvrir pour l'efficacité énergétique dans le bâtiment :

- législation : il n'y a pas encore de code d'efficacité énergétique dans le bâtiment ;
- construction : les dépenses de conditionnement d'air sont modérément faibles, mais les besoins sont loin d'être nuls, et la baisse des prix des climatiseurs tire l'équipement vers le haut pour climatiser des bâtiments mal isolés ;

- urbanisme : les nouveaux quartiers des zones urbaines doivent, quand c'est possible, avoir leurs grands axes orientés nord-sud afin de permettre un chauffage par le sud en hiver et une ventilation par nord en été.

L'absence d'un code d'efficacité énergétique dans le bâtiment aujourd'hui risque de peser beaucoup plus lourd lorsqu'il faudra envisager la mise à niveau énergétique des bâtiments.

2.5. Energie à usage professionnel

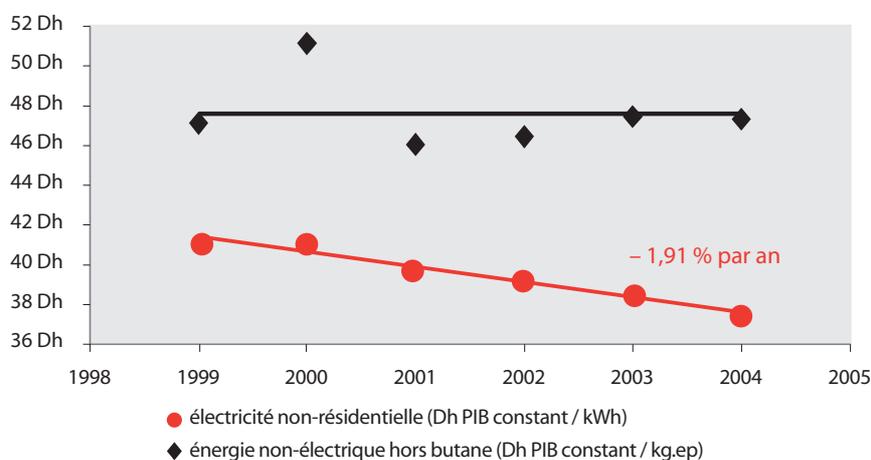
Nous définissons :

- l'énergie à usage professionnel par la consommation d'énergie non-électrique déduction faite de la consommation de butane (considéré majoritairement affecté aux usages résidentiels) ;
- l'électricité à usage professionnel par la consommation d'électricité après avoir déduit la consommation résidentielle.

La performance économique de l'énergie à usage professionnel (en dirhams de PIB constant par kilogramme d'équivalent pétrole) montre une stabilité très acceptable de 1999 à 2004, signe d'efforts permanents des professionnels pour maîtriser leurs coûts énergétiques. Mais dans ce segment, il n'est pas impossible que le segment des « grands comptes » (Office chérifien des phosphates, cimenteries, autres industries grandes consommatrices d'énergie thermique) ait un impact non-négligeable sur la stabilité de cette performance.

Figure 14

Performance économique de l'énergie professionnelle



Malgré cela, la performance économique de l'électricité à usage professionnel (en dirhams de PIB constant par kWh) montre une dégradation de 1,19% par an. L'intensification de l'éclairage public n'y est que pour une part, et ce « dérapage » mérite une analyse minutieuse pour les multiples raisons qui l'ont engendré et une action ciblée.

Conclusions

Il y a matière à compenser une partie de la croissance en consommation d'énergie inhérente au développement de l'accès à l'énergie par une politique volontariste de maîtrise d'énergie,

d'autant plus que l'énergie chère va rendre les investissements en économie d'énergie de plus en plus rentables aux niveaux :

- industriel (fours, réfrigération, force motrice, éclairage) ;
- agricole (force motrice) ;
- tertiaire (éclairage, climatisation) ;
- individuel (éclairage, eau chaude sanitaire).

Il faudra légiférer, informer et accompagner dans ce sens en choisissant le ou les opérateurs publics et privés à même d'assurer l'effet d'échelle le plus important pour la maîtrise de l'énergie.

Le Maroc a une opportunité de convertir sa faiblesse (dépendance énergétique) en atout :

- en améliorant la performance énergétique de ses revenus ;
- en développant des activités économiques moins énergivores ;
- en générant des revenus autour de la maîtrise d'énergie ;
- en contribuant à la préservation l'environnement.

En termes d'accès à l'énergie thermique, le développement du réseau de distribution du butane combiné à la détaxation / subvention en ont accéléré l'accès. Mais, avec un pétrole à 75 dollars et des prévisions budgétaires 2006 réalisées avec 64 dollars, ces derniers sont-ils durables ?

En termes d'accès à l'électricité, le Maroc partait de très bas dans les années 90, même comparé avec ses voisins d'Afrique du Nord chez qui les TER dépassaient déjà 75 %. Le PERG a permis de progresser rapidement et devrait mettre le Maroc dans une situation comparable vers 2010. Mais sera-t-on en mesure de servir la population qui n'a même pas les revenus sous-tendus par le branchement ?

En termes environnementaux, « le droit à l'énergie » se traduit par « un droit de polluer » tacite. Les accords de Kyoto permettent au Maroc de continuer son développement énergétique, mais si les pays industrialisés ne baissent pas leurs émissions de gaz à effet de serre, le Maroc pourra-t-il continuer ? S'il le pouvait, le devrait-il ?

Références bibliographiques

- [1] Etabli à partir de données provenant de : *le Maroc en chiffres*, Haut Commissariat au Plan, Editions annuelles de 1984 à 2003.
- [2] *Bulletin de liaison de l'IEPF*, Numéro 42 -1^{er} trimestre 1999, Normand Bergeron et Denis Bourret.
- [3] Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Eau et de l'Environnement, de l'Urbanisme et de l'Habitat, Secrétariat d'Etat à l'Habitat, Observatoire de l'Habitat, *Diagnostic et état des lieux du secteur de l'Habitat*, 2001.
- [4] Etabli à partir de données des Recensements généraux de la population et de l'habitat du Maroc 1960, 1971, 1982, 1994 et 2004.
- [5] Etabli à partir de données de températures moyennes mensuelles provenant de la Direction de la Météorologie nationale.
- [6] Etabli à partir de données provenant des rapports annuels de l'Office national de l'électricité 2000, 2001, 2002, 2003 et 2004.
- [7] Etabli à partir de données provenant de la note sectorielle de la BMCE Bank, « Le marché de l'électricité au Maroc à l'aube de la libéralisation », juin 2005.

Développement durable et énergie, enjeux géopolitiques, géostratégiques et éthiques

Emile H. MALET

Directeur de la revue Passages,

Président de l'Adapes,

Délégué général du Forum mondial du développement

1. Enjeux géopolitiques et éthiques

Le développement durable est à la croisée des chemins, médiatisé jusqu'à l'excès comme une idéologie régulatrice de l'ensemble des dysfonctionnements socio-économiques. Croisée à une pluridisciplinarité de sciences, de cultures et de modes de vie, sa vision d'ensemble se retrouve brouillée, récupérée à la sauce partisane de chacun des grands acteurs (Etats, entreprises, ONG).

Ce pessimisme n'est pas sans rapport avec la montée en puissance d'une mondialisation qui peine à conjuguer une croissance nécessaire à un cosmopolitisme financier des profits qui ne s'embarrasse plus de limites territoriales, culturelles ou éthiques. Il s'agit toutefois de faire place à une prise de conscience ubiquitaire et temporelle, « a space-time moment » pour forger un néologisme anglo-saxon, sur les dégâts toujours plus prégnants de l'économie capitaliste qui fragmente jusqu'à l'*hubris* les sociétés, tant au niveau de la cohésion sociale que des identités. « Résistance n'est qu'espérance », disait le poète René Char ; le développement durable fait injonction de résister à une mondialisation globalisante et polymorphe, sans toutefois freiner le développement économique dans les sociétés précaires et paupérisées.

Le monde en devenir est d'abord un laboratoire du présent, qui s'essaie à prévenir des risques majeurs pour ne pas hypothéquer, avec l'informe (ou l'uniforme) mondialisé, les repères de civilité, de convivialité et de responsabilité. En puisant dans ce répertoire de valeurs, le développement durable fait office de grain de sable éthique dans le moteur bien huilé de la mondialisation capitaliste des biens, des services et des intérêts.

Consommation et pollution

D'hier et d'aujourd'hui, le développement est une démarche qui s'inscrit dans le temps long si l'on cherche à comprendre ses lignes de mouvement et ses failles sociales. Anticipons dans le temps ce qu'il nous est permis d'observer depuis les débuts de l'industrialisation, le monde est toujours économiquement plus productif mais reste socialement déficient. La production de richesses croît, la santé des populations s'améliore, la pénibilité du travail est en constante régression, des pays anciennement sous-industrialisés émergent (Chine et Inde), les pays développés ont quasiment éradiqué les poches de pauvreté et épidémies sanitaires.

Cette perspective du progrès continu est arithmétiquement objective, mais les inégalités demeurent dans les pays pauvres, et une menace environnementale guette l'ensemble de la planète. A mesure que la croissance et la consommation sont stimulées sans limite et sans fin par une mondialisation au pas cadencé, le nuage écologique élargit son empreinte à la surface de la Terre et draine des pollutions sans limites et sans fin. La compétitivité de plus en plus acharnée dans la sphère économique a engendré ce couple infernal consommation pollution, le tout économique ne s'embarrasse d'aucune frontière idéologique. Le cycle schumpetérien de « destruction-crédation » qui a porté le progrès jusqu'à l'ère industrielle fonctionne mal aujourd'hui, parce que la création nouvelle de biens et de services ne se contente pas de détruire ceux qui les ont précédés parce que devenus anachroniques – ce qui se conçoit aisément ; il induit des innovations de plus en plus précaires, « jetables » à court terme et porteuses de rupture des équilibres naturels pour l'avenir.

Si le progrès aujourd'hui gagne toujours en technicité et fait de l'ajustement au temps court sa variable majeure (« aller plus vite pour gagner du temps »), il cherche à s'exempter des contraintes sociales, des traditions culturelles et des histoires familiales et individuelles. Le progressisme aujourd'hui s'est départi des valeurs humanistes et sociales qui guidaient ses pas à l'aube de l'ère industrielle. Un certain scientisme biologique, avec d'imprudentes manipulations génétiques, apparaît de plus en plus comme un substitut progressiste à l'extrême fragmentation sociale et au malaise ambiant. Les communautarismes en tous genres (religieux, sexuels, socioculturels) font concurrence au champ politique, les politiques publiques en ressortent partout affaiblies. Face, par exemple, à un problème comme le réchauffement climatique, l'échec politique est patent puisque le concert des nations réagit dans le désordre au regard d'un processus de pollution massive entraînant des processus récurrents de dégradation sanitaire.

Vieilles brûlures

Le réchauffement climatique fait resurgir de vieilles « brûlures » qui ont meurtri l'histoire de l'humanité. Des maladies infectieuses, comme la tuberculose, refont surface dans des contrées dont le mode de développement n'a pas suffisamment instruit sur les principes d'hygiène de vie. Des épidémies infectieuses d'origines diverses (bactéries, virus, parasites) accompagnent les mouvements migratoires, plaçant en « quarantaine » les populations et décimant en masse le bétail destiné à la consommation humaine. A la source de ces pandémies ravageuses, on trouve bien souvent la pauvreté et l'insalubrité, mais aussi des déficiences d'information dues à des régimes autoritaires qui se « moulent » dans la mondialisation par intérêt économique mais en rechignant à démocratiser des systèmes de pouvoir féodaux et totalitaires. Il peut arriver que par manque de connaissances ou suite à des choix scientifiques malencontreux, on se trouve exposé à des risques sanitaires parfois mortels – comme l'affaire du sang contaminé en France – mais dans la plupart des épidémies, qu'il s'agisse de la « vache folle » ou de la grippe aviaire, l'ampleur du mal et ses conséquences humaines ont résulté de dysfonctionnements socioculturels et de déficiences politiques. Certes, on observe bien un certain désenchantement social qui tient à l'air du temps dans les pays nantis, certaines élites occidentales donnant dans le « déclinisme » culturel pour mieux se faire entendre de la société civile ; pour autant, la démocratie politique demeure le moyen le plus idoine pour contrer la propagation des maladies endémiques. La liberté d'information enrayer la contamination, en quelque sorte.

Les cataclysmes naturels ont toujours existé, mémoire immuable d'une violence intemporelle, elle-même inextricablement liée à l'énergie tellurique dégagée par le mouvement de la terre

autour du soleil comme à d'autres phénomènes astrophysiques. Quelle sera l'incidence du réchauffement climatique sur la répétition de cyclones qui dévastent des territoires sans protection et engloutissent des populations fragiles en Asie, en Afrique, aux Amériques ? La question demeurera longtemps sans réponse exhaustive, sinon que le réchauffement climatique, en modifiant la biosphère et en induisant une altération biochimique de l'air, favorise toutes les pollutions ambiantes et facilite la propagation des phénomènes dévastateurs.

Dans le domaine des migrations humaines, les laissés-pour-compte du développement émigrent plein d'illusions vers les villes lumières. Se doutent-ils, résolus comme ils sont d'échapper à la famine ou à des régimes oppressifs et obscurantistes, que l'émigration implique un changement de climat, avec en retour son lot d'affections cutanées, respiratoires et allergiques ? Car changer de climat s'accompagne d'une certaine forme d'acculturation, l'adaptation à un nouveau milieu naturel étant à bien des égards aussi difficile que de se familiariser avec une langue étrangère.

Effets pervers

Tout comme les inégalités sociales et culturelles, la pollution et ses conséquences sur le climat mettent en relief les effets pervers d'un progrès obnubilé par la croissance économique et la consommation individuelle. Il s'agit non pas de stigmatiser sans nuance les facteurs de croissance inhérents à l'économie, mais de prévenir de l'atteinte à notre environnement, au premier chef le réchauffement climatique.

Sans chercher à paraphraser la célèbre et judicieuse expression de Jacques Chirac au sommet de la terre à Johannesburg en 2002 – « la maison brûle » – disons que notre monde brûle – et qu'avons nous d'autre à proposer, sinon cette mondialisation des égoïsmes qui voit de grandes puissances (et la première d'entre elles, qui affiche une « insoutenable légèreté » écologique) s'affronter sur les régulations et contraintes qu'impose à bon droit le protocole de Kyoto pour réduire la pollution dans nos villes et nos campagnes ? Egoïsme, quand tu nous tiens, a pu diagnostiquer le D^r Freud, montrant que l'altruisme n'est jamais complètement de ce monde en vertu de l'ordinaire humain. Quand bien même l'économie serait pavée de vertus nourricières et la démocratie irriguée de libertés vertueuses, l'égoïsme des nations comme celui des individus sont toujours prêts à resurgir et ne se consomment jamais complètement. Sans donner dans un anti-américanisme stérile et maladroit, notons que l'opposition des Etats-Unis au Protocole de Kyoto suscite de manière aussi légitime que démocratique une protestation quasi générale dans le monde. Ce grand pays, en obéissant à son égoïsme national et en refusant toute régulation supranationale, revigore les égoïsmes nationaux et individuels qui sommeillent en chacun, à l'intérieur comme à l'extérieur des frontières américaines.

Mutations du climat

Ces mutations portent atteinte à la santé des populations, dégradent les terres agricoles et sont responsables de l'évolution morbide des écosystèmes. Des tsunamis en Asie aux cyclones dans le golfe du Mexique, nous n'avons pas la preuve scientifique qu'ils soient déclenchés par des variations climatiques, les éléments d'appréciation dont nous disposons sont toutefois suffisamment fiables et se recoupent scientifiquement pour suggérer que sans réchauffement climatique les calamités naturelles seraient de moindre ampleur. Jusqu'où faudra-t-il laisser brûler le monde avant de porter secours aux patrimoines de l'humanité que sont la santé, l'habitat, l'agriculture, l'eau potable, les forêts, les trésors architecturaux ?

Paradoxes

Le monde d'aujourd'hui cultive les paradoxes sociaux et hyper-économiques tout comme le monde d'hier charriait les archaïsmes tribaux et les conflits ethniques. Si chaque période porte sa marque de fabrique anthropologique, il ne faut pas en déduire que le progrès appréhendé sur un temps long soit une équation à somme nulle. Les alter-mondialistes comme les missionnaires d'une écologie radicale se trompent en faisant le procès sans nuances du capitalisme et de la mondialisation. Heureusement, pourrait-on ajouter, sinon à quoi servirait toute la réflexion humaine qui, peu à peu, affaiblit l'obscurantisme au nom de la raison et des libertés conquises, en même temps que des progrès se font jour presque partout ? Le développement économique, au cours du demi-siècle écoulé, aura inégalement profité aux peuples et aux pays selon leur situation géographique, tout en permettant l'avènement d'économies performantes (Chine, Inde, Singapour). Mais, à l'instar de situations passées où les Lumières côtoyaient l'esclavage et la pauvreté, le « capitalisme total » – selon l'expression de Jean Peyrelevade – multiplie les richesses et provoque une expansion sans fin des flux financiers tout en sapant la dimension sociale de l'économie. Ce n'est plus l'intérêt général qui est visé par la « société anonyme » des actionnaires, mais le désir individuel et illimité de richesse. Cette hyper-économie trouve sa cohérence et sa logique dans un profit qui n'est pas redistribué selon des pondérations équitables et au service d'objectifs publics et collectifs. Ce profit est grandement réservé à des actionnaires qui, regroupés dans des fonds d'investissement soucieux de la seule rentabilité du capital, orientent et sanctionnent la stratégie des entreprises dont ils sont propriétaires du capital vers « toujours plus ».

Ce fonctionnement pervers de l'économie est celui d'un système capitaliste livré à lui-même, sans médiation sociale et qui peut produire, *in fine*, le contraire des résultats escomptés. Alors qu'il s'est agi, par exemple en Europe centrale et orientale, de corriger les excès de l'étatisme et de sa variante collectiviste qui a ruiné des pans entiers de l'économie, le capitalisme asocial n'a que peu amélioré le niveau de vie général de la population et injustement réparti les richesses nouvellement produites – bien souvent au profit des quelques oligarques qui ont pris la relève d'anciens monopoles d'Etat. Ce capitalisme de la richesse individuelle illimitée imprègne comportements et modes de vie, et sa perversité s'observe jusque dans les régulations proposées par des traités internationaux. C'est le cas de l'énergie, par exemple.

Le cas du CO₂

Prenons le cas des émissions de gaz carbonique, que le Protocole de Kyoto propose de réduire avec équité et efficacité aux quatre coins de la planète. Le protocole n'a attribué de contingents d'émission de gaz à effets de serre ni à la Chine ni à l'Inde, pays émergents qui produisent d'énormes quantités de CO₂ et qui sont par ailleurs gros consommateurs d'hydrocarbures (pour le transport) et de charbon (pour la production d'électricité).

C'est sous le prétexte de leur rattrapage économique que ces deux (futurs) géants de l'économie mondiale, peu soucieux de régulations internationales, échappent aux contraintes du Protocole. Pourquoi en serait-il autrement en 2012 lors du renouvellement des procédures contraignantes du protocole de Kyoto ? Ces deux pays s'activent au contraire à soutenir le « pacte charbon » lancé par les Américains pour échapper à toute limitation de leurs propres émissions de CO₂. Pareille imprudence de la part des initiateurs du Protocole confine à l'irresponsabilité d'une technocratie internationale avide de règlements que la singularité des situations géopolitiques peut facilement pervertir. On en a un autre exemple, lors des négociations commerciales avec la Chine, à propos du textile ou des transferts de technologies. Un capitalisme hâtif et à la

recherche des bonnes affaires peut sacrifier des impératifs socio-économiques de long terme à des bénéfices immédiats. C'est exactement le contraire de ce que pourrait être une démarche de développement durable, qui éviterait de courir après des profits éphémères s'avérant être des rentes durables de situation – mais aussi des facteurs de pollution durable, parce que la Chine se développe en se souciant comme d'une guigne de son environnement.

Le capitalisme à la chinoise présente également tous les défauts du capitalisme total. En l'absence d'un système politique démocratique, la Chine pourrait à son tour laisser les flux financiers incontrôlés s'investir massivement dans son économie, car ses besoins voraces en énergie l'obligent à chercher les capitaux nécessaires sur les marchés financiers internationaux. Quitte à reporter à plus tard une nécessaire réforme démocratique de son fonctionnement politique.

Les Etats-Unis et la technologie

Les Etats-Unis, quant à eux, n'ont pas toujours été opposés au protocole de Kyoto : le gouvernement Clinton l'avait signé et aurait obtenu sa ratification par le Congrès des Etats-Unis. Mais l'ancien président Clinton se trouvant à la fin de son second mandat à la Maison blanche au moment de la signature du protocole en 2002, il n'était pas en son pouvoir d'engager son successeur, George W. Bush, qui s'est avéré radicalement hostile. Depuis, aucun des deux protagonistes n'a changé de position : Bill Clinton a confirmé son soutien au protocole de Kyoto lors de la conférence des Nations Unies sur le climat à Montréal (novembre-décembre 2005). Pour sa part, George W. Bush maintenait son refus. Bien qu'ayant été approuvé par une majorité de pays, le Protocole reste d'une efficacité limitée puisque ceux (dont les Etats-Unis, l'Inde et la Chine) qui produisent 65 % des émissions de CO₂ refusent de s'y rallier et y avancent une alternative technologique Asie-Amérique. L'objectif commun à ces deux systèmes – la réduction du gaz carbonique dans l'atmosphère – crée une situation paradoxale, puisqu'il y a accord sur les fins et désaccord sur les moyens. A la vérité, le différend entre les signataires du protocole de Kyoto, d'une part, et les Etats-Unis soutenus par certains pays émergents, d'autre part, s'explique par une variété de facteurs. Qu'il s'agisse d'abord de considérations *institutionnelles*, avec l'acceptation ou le refus de contraintes internationales pour lutter contre le réchauffement climatique ; d'un bras de fer *politique*, dans la mesure où s'est instauré un rapport de forces entre puissances, ou alors de visions distinctes de nature *idéologique* puisqu'est posée la question de la technologie comme recours « thérapeutique » quasi exclusif aux défis majeurs de la planète.

Forts de leur avantage technologique, les Etats-Unis investissent massivement et judicieusement en faveur de la maîtrise des consommations d'énergie. En dépit de la puissance du *lobby* pétrolier, auquel sont liés George W. Bush, Dick Cheney et nombre de dirigeants américains, les innovations industrielles destinées à lutter contre le réchauffement climatique sont richement dotées en budgets de recherche et développement et portent sur des secteurs stratégiques (propulsion hybride, biocarburants, stockage du CO₂). Pour positive et perspicace que soit cette démarche, le pays le plus riche de la planète prend également le risque d'aggraver l'écart technologique entre pays développés, pays émergents et pays en voie de développement. Pourquoi ? Parce que la technologie n'est ni neutre, ni forcément accessible, pas plus qu'elle ne fournit une solution exhaustive et dispensant de recourir aux autres moyens de lutte contre le réchauffement climatique.

La technologie part d'un postulat scientifique qui veut que le progrès apporte des réponses aux questions, voire des solutions aux problèmes les plus ardues. Outre que cette thèse scientifique est battue en brèche dans de nombreux domaines biologiques, même si des améliorations

sensibles se produisent régulièrement, la technologie n'est pas en mesure de se substituer aux autres dispositifs, notamment politiques. A l'instar d'un capitalisme total avec les résultats contrastés et les effets pervers qu'on lui connaît, aucune solution de nature exclusivement technique ne saurait réussir, dans un secteur impliquant une aussi large diversité de parties prenantes. Pour ce qui est de pouvoir accéder à la technologie, combien de pays africains seraient en mesure de déployer sur leur territoire les techniques de captage et de stockage du CO₂, alors qu'on a parfois du mal à faire passer un fax de Paris à Abidjan ou d'envoyer un courrier électronique entre Dakar et Khartoum ? Au niveau politique, de quelles libertés démocratiques disposent les citoyens chinois pour communiquer librement, revendiquer leur dignité sociale et introduire sans entrave des innovations technologiques dans leur travail ?

Dans le domaine des modes de vie (sexuels, sociaux, alimentaires), la diversité culturelle modifie bien souvent les attitudes et les comportements civiques dans nos démocraties. Une campagne antitabac bien conduite ne donnera pas les mêmes résultats à Bruxelles ou à Zagreb. La prévention du sida donne des résultats très variables dans des pays africains d'un égal degré de pauvreté, mais dont le secteur médical respectif ne jouit pas d'une égale autonomie par rapport au pouvoir politique pour prévenir et soigner. On pourrait allonger la liste des conduites à risque, et naturellement y inclure la pollution atmosphérique due à l'homme en montrant que la solution technologique, comme thérapeutique exhaustive et généralisée, est un leurre. Il peut se trouver qu'à l'inefficacité constatée s'ajoutent des conduites paradoxales, comme la fascination des pays du tiers-monde pour des techniques médicales de pointe qui restent chez eux sans emploi et viennent grever des budgets sanitaires déjà limités.

Le marché des droits d'émission

En matière d'émissions de gaz à effet de serre, la position de Washington pourrait bien, en définitive, s'avérer plus fragile à l'intérieur même des Etats-Unis. Politiquement, démocrates et républicains sont partagés sur la question du réchauffement climatique, comme le restent George W. Bush et Bill Clinton. Le Congrès n'est pas prêt à forcer la main du président américain, et la classe politique reste réticente aux approches multilatérales. Mais quelques Etats du Nord-Ouest, au premier chef la Californie gouvernée par le républicain Arnold Schwarzenegger, sont en décalage notoire avec la position rigide du locataire de la Maison blanche, comme le sont quelques grandes entreprises de dimension mondiale. Ces milieux ont laissé entendre qu'ils pourraient accepter un marché des droits d'émission, comme celui qui se trouve au cœur du protocole de Kyoto. Les allocations de droits d'émission répondent à un principe équitable qui prend en considération l'asymétrie des situations économiques nationales et propose des compensations selon les pays – un peu comme dans la fiscalité où, lorsque les revenus sont trop bas, un impôt négatif est supposé corriger la flagrante inégalité pour faciliter le jeu social. Il en est de même au sein du concert de nations, le droit international s'ajustant aux situations nationales particulières pour éviter de peser trop lourdement et d'ajouter l'exclusion à l'inégalité. Dans le cas du réchauffement climatique, le marché des droits d'émission prévu par le protocole de Kyoto contraint certains pays à réduire leurs émissions de gaz carbonique, il ignore d'autres pays (Inde, Chine) qui seraient en « rattrapage économique », et il favorise des pays sous-développés en leur permettant de vendre des droits d'émission puisqu'ils sont insuffisamment productifs. Mais, comme on a pu le montrer, par un effet singulièrement pervers, la mesure a été dévoyée par des pays émergents qui ne se situaient pas dans le peloton des nations industrialisées. Ainsi, la Russie est considérablement avantagée, alors qu'elle est dotée d'extraordinaires réserves d'hydrocarbures (gaz, pétrole) ; or en dépit de sa propension à polluer et de son indiscipline en matière de protection de l'environnement, la Russie se retrouve dans la fonction enviée et rentable de gros vendeur

de droits d'émission – autrement dit, dotée de droits à polluer qu'elle « thésaurise » sous forme de dividendes économiques. La perversité du système souligne l'imperfection de toute réglementation internationale préparée de manière bureaucratique. C'est souvent lorsque survient une crise, en l'occurrence la crise gazière russo-ukrainienne, qu'apparaissent les rigidités et les dysfonctionnements d'une procédure administrativement cohérente.

L'Europe de l'énergie

La crise gazière russo-ukrainienne de l'hiver 2005-2006 a mis en lumière la situation énergétique paradoxale où se trouve l'Union européenne : incapable d'assurer durablement son alimentation en énergie, tout en faisant la leçon à la communauté internationale sur la pertinence du développement durable... C'est un truisme de rappeler que l'énergie se retrouve aujourd'hui au cœur de l'économie et de la politique, de l'ordre international, perturbe d'Irak en Ukraine, du Venezuela à l'Arabie saoudite – et avec des conséquences majeures pour tous les pays de la planète (pays développés, pays émergents et pays en voie de développement). Or, les principaux pays-membres de l'Union européenne (France, Grande-Bretagne, Allemagne, Italie, Espagne), instigateurs du protocole de Kyoto, ont montré jusque-là une réticence à recentrer leur politique énergétique vers une sécurisation commune. Chacun fait « cavalier seul », cherchant qui à exploiter de nouveaux gisements d'hydrocarbures, qui à entretenir des « relations privilégiées » avec des pays producteurs de pétrole et de gaz, qui à maintenir une indispensable industrie nucléaire. Le protocole de Kyoto gagnerait en cohérence politique, en consistance écologique et en efficacité économique si l'Europe donnait la priorité à une politique énergétique commune, à commencer par les pays fondateurs du Marché commun. Il s'agirait en l'occurrence d'élaborer avant 2012 (échéance fixée par le protocole de Kyoto) une politique de l'énergie qui tienne compte des tensions énergétiques, du désordre international et aussi des avantages du continent en matière de recherche et développement dans les domaines du nucléaire ou d'autres sources d'énergie (renouvelables, biocarburants, hydrogène) et en matière de progrès technologiques relatifs à la maîtrise de la consommation d'énergie. Plus l'Europe avancera dans cette voie, mieux seront préparées les échéances environnementales de l'avenir. Il apparaît d'ailleurs que la France ne dédaigne pas de jouer les éclaireurs d'un projet énergétique ambitieux, il faut souhaiter que l'Allemagne et la Grande-Bretagne lui emboîtent le pas pour aller de l'avant. Sans se montrer trop optimiste, on peut espérer qu'une politique européenne de l'énergie amènerait les Etats-Unis à une meilleure coopération en vue de préserver les équilibres écologiques de la planète. En outre, après l'échec du projet de Constitution européenne, une telle politique commune de l'énergie pourrait contribuer à la relance de l'Union européenne.

Il existe pourtant un écueil : parler ensemble et d'une même voix de l'énergie, c'est accepter un dialogue partagé sur la politique internationale et de sécurité commune. L'Europe est-elle prête à ce sursaut ? Il y va de sa capacité à peser sur les grands événements internationaux en même temps qu'à renforcer son unité politique et son identité culturelle.

Ethique de l'environnement

Le développement durable peut constituer une chance pour l'Europe et le reste du monde, si l'on se propose d'éteindre l'« incendie » de la planète observable avec le réchauffement climatique et dès lors que nos gouvernants inscriront dans le marbre des grandes institutions internationales de nouveaux principes d'action et de philosophie politique relatifs à une éthique de l'environnement. Les mondes d'hier et d'aujourd'hui sont « enchaînés » par une répétition

des traumatismes, nous l'avons vu avec les « brûlures » du réchauffement climatique. Le monde de l'avenir doit veiller à ne pas reproduire ce cheminement fatal. Injonction lui est faite de donner consistance à cette éthique de l'environnement qui prône la dignité de chacun et la responsabilité de tous.

Les Lumières et les progrès scientifiques et techniques ont transformé l'Occident pour permettre à la société industrielle d'éclorre dans un contexte démocratique. Le 18^e siècle a préparé le 20^e siècle, comme la sortie du Moyen Age devait aboutir au 17^e siècle à la fin des guerres de religion (traité de Westphalie). Le capitalisme s'avéra nécessaire à la charnière des 19^e et 20^e siècles, parce que l'économie de l'échange s'était substituée à l'économie de rente, l'ensemble des populations participant aux processus économiques et sociaux là où jadis des poches très minoritaires – noblesse, armée, clergé – s'approprièrent les richesses, le pouvoir et la culture. Aujourd'hui, avec la révolution de l'information et la financiarisation « totale » du capitalisme, nous assistons à un processus de transformation de même nature, mais avec une évolution à reculons pour ce qui est du progrès social.

Des pans entiers des sociétés développées se trouvent en situation de marginalité, les classes moyennes (soit la part prépondérante des générations) stagnent sans espoir d'amélioration, et une espèce de « tiers-état » concentrant les attributs culturels, financiers et politiques constituent une classe qui domine la représentation sociale, économique, politique et culturelle.

Ce mouvement s'est produit par excès de capitalisme, c'est-à-dire que l'équilibre entre économie et social s'est défait au détriment de ce dernier. La question sociale s'est retrouvée « ringardisée » dans une société prônant une consommation illimitée, nonobstant à la fois le manque de ressources, qui empêchait une partie de la population de prendre le train de la consommation, et la dimension tyrannique d'un système de production acharné à convertir les désirs individuels en besoins de consommation. L'avènement du concept de développement durable dans les pays développés (mais le processus pourrait « contaminer » les pays en voie de développement) s'inscrit en réaction, ou plutôt comme une résistance au « tout consommation », à cette obésité capitaliste dépourvue de limites morales, de projet collectif, de cohésion sociale. Le lien inter-générationnel paraît compromis.

Néo-matérialisme historique

Les générations peuvent se rencontrer mais ne se parlent pas, travaillent ensemble mais vivent isolément. Les jeunes font de plus en plus tardivement leur entrée dans le monde du travail ; à l'autre bout de la pyramide démographique, on part de plus en plus tôt en retraite alors que l'espérance de vie est sans cesse reculée. La culture d'entreprise ne se transmet pas ou mal, faute de « combattants » et aussi parce qu'on cultive le mirage culturel qui veut qu'avec Internet la transmission surviendrait comme par enchantement, sans médiation humaine, sans relais sociaux – une création *ex nihilo*, en somme !

En uniformisant les modes de vie, la mondialisation a feint d'ignorer les caractéristiques culturelles propres à chaque génération. En effaçant les limites, comme un chien cherche à effacer des traces de son passage, la globalisation contribue à standardiser la vie. Ce néo-matérialisme historique, pour une large part dicté par l'élan illimité de consommation, renvoie par certains côtés à la vulgate marxiste, à son côté « carré » de l'histoire qui prévoyait de tout résoudre par l'économie.

Vaclav Havel a pu montrer cette troublante correspondance en comparant le gigantisme et la concentration humaine de l'architecture stalinienne avec les « grandes surfaces » à la périphérie

de nos villes où se concentrent les activités commerciales et culturelles. En somme, une même représentation totalitaire de la vie sociale. Au sein de l'économie, certains prônent cette vision « concentrationnaire » qu'impose le capitalisme au nom d'une efficacité industrielle et consumériste. A l'observation, dans *l'in vitro* de l'entreprise, les dégâts sociaux et humains sont considérables car se conjuguent toutes sortes de méfaits : démotivation des salariés par oblitération de la valeur travail ; fractures humaines considérables en fonction des classes d'âge car personne n'est dupe de l'illusion à se situer sur une échelle démographique du « pareil au même » ; recherche de la satisfaction individuelle au détriment de l'intérêt commun et, *in fine*, une frustration généralisée. Parce que tout n'est pas possible, les biens comme les plaisirs ne sont pas illimités. Parce qu'à tout amalgamer, de la notion de génération à la valeur travail, d'une éthique de la responsabilité à la compassion individuelle, de la sphère publique à l'intime singulier, c'est la chaîne des signifiants qui s'interrompt, et la transmission n'est plus possible.

Une métaphysique du présent

La question du développement durable s'impose à tous, à la fois aux acteurs (États, entreprises, associations) et aux différents mondes (développé, émergent et en voie de développement), parce qu'il s'agit d'une métaphysique du temps présent. Certains prétextent de l'inexacte traduction de « sustainable » en « durable » pour mettre en cause la pertinence du concept ; il s'agit en fait de visions culturelles distinctes sur le développement durable. Qu'une certaine vulgate anglo-saxonne ait préféré la dimension « soutenable » à la référence « durable », plus européenne, est à mettre au compte de l'évolution du capitalisme, qui cherche à s'émanciper des contraintes sociales – plus durables – pour s'en tenir aux aspects technologiques, financiers et de satisfaction individuelle des besoins. Le développement durable ne saurait être instrumentalisé par le capitalisme sous peine d'apparaître comme la résultante accommodante aux vicissitudes du temps. Le développement durable devrait au contraire prétendre à un nouveau paradigme économique, un antidote à l'obésité capitaliste de consommation. Il devra résister aux nouveaux marchands du temple, regroupés en « société anonyme », pour faire contrepoids à la mondialisation des égoïsmes.

En s'ancrant dans la durée, le développement durable permet à l'homme de trouver sa place au sein d'une civilisation. La durée vaut identité, en quelque sorte, mais pas comme une clôture égoïste qui ne ferait qu'exacerber les intérêts individuels ; elle œuvre au contraire à une élaboration sociale qui ne soit exclusive d'aucun prophétisme, idéologique ou religieux. Le développement durable s'apparente à un engagement laïc de dépassement des intérêts égoïstes et pourrait contribuer de manière intelligente et perspicace à faire bifurquer la mondialisation des rails sans issue humaine de la « totalité » capitaliste.

2. Enjeux géostratégiques : prospective 2030

D'aujourd'hui à 2030, c'est une génération d'intervalle, sera-t-elle une période majeure ou une période de transition ? Connaîtra-t-elle une évolution lente ou des bouleversements ? Et lesquels ?

Sur le plan nature climat : des catastrophes naturelles ne sont pas à exclure sans être prévisibles ni dans leur temporalité, ni dans leurs effets.

Des seuils de « supportabilité » seront franchis et pourront entraîner un effet boomerang difficile à prévoir. Par exemple : une épidémie ou une pandémie, un cyclone ou un tremblement de

terre dévastateur. Ce qu'on peut dire et qui concerne les PVD, dont le Maroc, c'est qu'on ne sait pas mesurer les conséquences physiques, biochimiques et humaines des modifications de la biosphère sur des pays et des populations (PVD) plus fragiles, plus précaires, moins équipés, moins protégés. En dehors de quelques agences des Nations Unies, personne ne s'en préoccupe au niveau des répercussions pratiques. Les pays concernés évitent de montrer leur retard de développement, et les pays riches préfèrent ne pas en parler. Dans un pays comme le Maroc à ruralité encore substantielle, il faudra veiller et prévenir par un système conséquent de veille et de prévention. Ce qui suppose de trouver les investissements nécessaires.

Sur le plan des conflits et des guerres

Dans la perspective qui nous préoccupe – à savoir l'énergie – on peut s'attendre à une amplification des conflits et guerres de niveaux distincts. Car d'ici à 25 ans, la voracité énergétique ira s'amplifiant partout (PD, PVD et PE) parce que l'énergie est synonyme de développement, de croissance, de bien-être, etc.

La sécurisation des ressources implique une sécurité globale, agissant sur les lieux d'extraction, de transformation, de production, de transport et de distribution. Les conflits et guerres à venir seront au voisinage des zones à ressources pétrolifères et autres hydrocarbures (Proche et Moyen-Orient, Asie centrale, Amérique latine... une partie de l'Afrique). Les répercussions sont toujours ubiquitaires, le Maroc ne sera pas épargné.

L'Europe finira par avoir une politique de sécurité et de défense commune, c'est-à-dire une politique énergétique commune.

La voie de l'élargissement sera ralentie mais non stoppée. Pour protéger sa compétitivité économique et son modèle social, l'Europe évoluera vers une sécurité commune. Et l'énergie est l'un des axes prioritaires. L'inconnue est au niveau des répercussions méditerranéennes. Ce qui fausse le débat euro-méditerranéen dans le domaine de l'énergie vient de l'asymétrie des pays en ressources énergétiques, par exemple au Maghreb entre l'Algérie, d'une part, le Maroc et la Tunisie, d'autre part.

Technologies, éducation sanitaire, empreinte, écologie : tout concourt à rechercher la maîtrise de l'énergie.

Partout, nous ferons des économies d'énergie. Partout, les contraintes sur l'environnement s'imposeront. Partout : des sanctions s'imposent face au gaspillage. Le développement durable s'imposera dans les relations internationales et réorientera nos modes de production et de consommation. Ce sera le régulateur de la mondialisation de l'énergie, avec en complément l'apport technologique.

Economie de l'énergie

Nous irons vers une économie d'échelle distincte entre les 3 mondes (monde développé / pays en voie de développement / pays émergents). La domination pétrole-gaz-charbon persistera, et la part du nucléaire s'accroîtra, y compris dans des pays comme le Maroc.

Le bouquet énergétique sera diversifié en fonction des situations géopolitiques, mais sans grand bouleversement. La part des énergies renouvelables croîtra modérément.

3. Quelle stratégie pour le Maroc ?

Mandela disait : « La démocratie, c'est un homme, une voix et l'électricité pour tous. »

- Il faut achever l'électrification du territoire : l'aménagement territorial en dépend, c'est un élément important d'une politique sanitaire qui conditionne une politique de sécurité.
- La dimension nationale – à l'exception de quelques très grandes puissances – est insuffisante au développement. Il faut rechercher une union régionale : union régionale avec le Maghreb, c'est un élargissement naturel, mais le poids « fossile » de l'Algérie peut constituer un handicap ; union régionale vers d'autres pays méditerranéens, la plupart d'entre eux, à l'instar de la France, disposent de ressources (hydrocarbures) limitées. Avec la France, une coopération pour une électricité d'origine nucléaire est une option, elle suppose formation et transfert de technologies.

Codéveloppement

Assurer un développement paritaire et équitable entre pays ne se situant pas au même niveau économique et présentant des singularités culturelles, sociales et politiques. Le codéveloppement est une alternative économique d'avenir pour les pays du Sud en général et le Maroc au particulier. Par sa configuration : économie de marché, tourisme, main-d'œuvre qualifiée dans les services, langue française, mais aussi ressources limitées, le Maroc est un partenaire de choix au codéveloppement.

Pour ce faire, trois impératifs sont à satisfaire :

- sécurité intérieure : lutter contre les poches de pauvreté, l'extrémisme religieux et les ségrégations socioculturelles concernant les femmes ;
- sécurité extérieure : des accords de coopération pour sécuriser les approvisionnements énergétiques indispensables au développement économique ;
- démographie : depuis l'espérance de vie, qui au Maroc peut être améliorée jusqu'aux migrations, il y a un enjeu démographique qui régule le développement et la cohésion sociale. Pour un pays configuré comme le Maroc, l'énergie et la démographie sont au cœur de son développement durable.

Energies renouvelables : perspectives pour le Maroc à l'horizon 2030

Jacques VARET

*Directeur de la prospective au Bureau de recherches
géologiques et minières (BRGM)*

Résumé

2030 constitue un bon objectif pour un exercice de prospective, du fait que, d'une part, on percevra beaucoup plus qu'aujourd'hui la réalité du changement climatique et que, d'autre part, on aura passé le « pic » du pétrole, ce qui veut dire que l'énergie de référence sera beaucoup plus chère, et qu'en conséquence la maîtrise de l'énergie et le recours aux renouvelables s'imposeront à tous. De ce fait, ce qui apparaît aujourd'hui comme un handicap (la forte dépendance du Maroc en matière d'énergie fossile importée) peut être transformé en une chance si l'on sait se préparer à temps au changement, c'est-à-dire maintenant.

Le Maroc est doté d'un potentiel particulièrement prometteur dans le domaine des énergies renouvelables, notamment si l'on considère l'éolien et le solaire. Les ressources en biomasse et en hydraulique ne sont pas nulles, mais leur développement ne peut être considéré que dans le cadre d'approches intégrées privilégiant les autres usages de l'eau (alimentation en eau potable notamment). La géothermie est aussi à prendre en compte, ce qui n'a pas été le cas jusque-là, alors que le pays semble disposer de ressources potentiellement intéressantes qui restent à explorer, identifier et valoriser.

Enfin, le Maroc dispose d'importants gisements de schistes bitumineux, une ressource qui n'est pas sans poser de gros problèmes environnementaux, mais dont l'économie est à reconsidérer dans la perspective 2030. Un développement passerait par la mise en œuvre de programmes de R&D préalables, pour intégrer dès l'amont les dimensions environnementales (impact des exploitations comme effet de serre). Ce qui passe par la séquestration géologique et sans doute par des options de traitement *in situ* qui restent à inventer (impliquant par exemple les biotechnologies).

En conclusion, il est proposé d'étudier de manière plus approfondie un scénario basé sur un recours accru à la maîtrise de l'énergie, dans lequel les énergies renouvelables atteindraient 50 % du bilan, alors que les tendances actuelles, même les plus optimistes, ne permettent pas de viser plus de la moitié de cet objectif. Des feuilles de route devraient alors être élaborées, avec des études de « back-casting » pour vérifier que les politiques publiques (R&D, démonstration, formation, information, fiscalité...) prennent à temps les décisions qui s'imposent pour rendre plausibles les choix.

Introduction

Le Maroc se distingue aujourd'hui par une forte dépendance énergétique : 98 % des énergies commerciales sont importés, soit 14 % des importations. La consommation d'énergie primaire est dominée par les produits pétroliers malgré un renforcement du recours au charbon ; la part de l'hydraulique a décliné ces dernières années à cause d'épisodes de sécheresse. Avec 0,44 TEP/ha en 2000 (9 fois moins que dans l'UE et 19 fois moins qu'aux USA), soit 430 kWh/an par ha, la croissance annuelle de la consommation d'électricité est de 7 % (le taux d'électrification rurale est passé de 17 % en 1994 à 46 % en 2000), avec de fortes disparités énergétiques rural/urbain (1/3).

Or, les énergies renouvelables recèlent au Maroc un potentiel de développement considérable. Le potentiel éolien est le plus prometteur (supérieur à 5 000 MW). Un premier parc est opérationnel dans la province de Tétouan avec une puissance installée de 50 MW et 2 parcs éoliens sont en préparation : 140 MW à Tanger et 60 MW à Tarfaya. Une plateforme de formation à l'exploitation en coopération a été installée avec l'ADEME. Les ressources solaires sont considérables.

- Le solaire thermique est le plus évident : le parc actuel de chauffe-eau électriques consomme 6 % de la production marocaine d'électricité, pour l'essentiel aux heures de pointe. 45 000 m² de capteurs solaires sont installés, dont 68 % chez des particuliers, soit un taux de couverture de 11 %. Un programme de 100 000 m² de capteurs solaires en 4 ans a été lancé avec le soutien financier du FEM.
- Le solaire photovoltaïque constitue une solution privilégiée pour l'électrification rurale décentralisée : éclairage, audiovisuel, pompage. 50 000 systèmes photovoltaïques domestiques fonctionnent aujourd'hui. Le PPER (Programme-pilote d'électrification rurale) permettra, d'ici à 2010, à 200 000 foyers marocains les plus éloignés du réseau électrique de bénéficier de systèmes photovoltaïques individuels (soutien de la coopération française : MAE, AFD, ADEME). Les applications sont diversifiées : électrification solaire d'écoles, de dispensaires, de relais de télécommunications ; pompage solaire pour la fourniture d'eau potable dans 500 villages.
- Le solaire de puissance est à l'étude, avec le soutien de l'UE, pour une centrale solaire-gaz de 180 MW ; la réalisation devrait bénéficier du soutien du FEM.

Concernant la biomasse, 6,35 millions de tonnes de bois de feu sont prélevés annuellement en forêt. Le déficit est estimé à 3,1 millions de tonnes, entraînant la disparition de plus de 20 000 hectares par an. La consommation est essentiellement rurale à 88 %, pour des usages domestiques avec en premier lieu la cuisson des aliments. En ville, les hammams (pour 50 %), boulangeries, fours de poterie et blanchisseries sont les principales utilisations. Un programme du FFEM concerne 120 hammams. La voie est ici de développer les usages combinés.

L'ensemble des réalisations de production décentralisée d'électricité par énergies renouvelables représente en 2000 environ 6 MW (incluant quelques microcentrales hydro-électriques et aérogénérateurs). C'est le domaine dans lequel les énergies renouvelables devraient être les plus sollicitées à l'avenir.

Enfin, le sous-sol marocain dispose de potentialités en énergie géothermique encore inexploitées. Les zones les plus prometteuses sont le Maroc nord-oriental et les bassins sédimentaires du Sahara. Un programme d'exploration des ressources et d'orientation des développements devrait

être engagé sans tarder, incluant, en plus de la connaissance géologique, les volets réglementaires et fiscaux.

Traitées ci-après séparément, ces diverses formes d'énergies renouvelables devraient se combiner dans des systèmes énergétiques permettant d'optimiser l'offre et la demande décentralisée.

1. Le contexte 2030 : une situation bien différente d'aujourd'hui

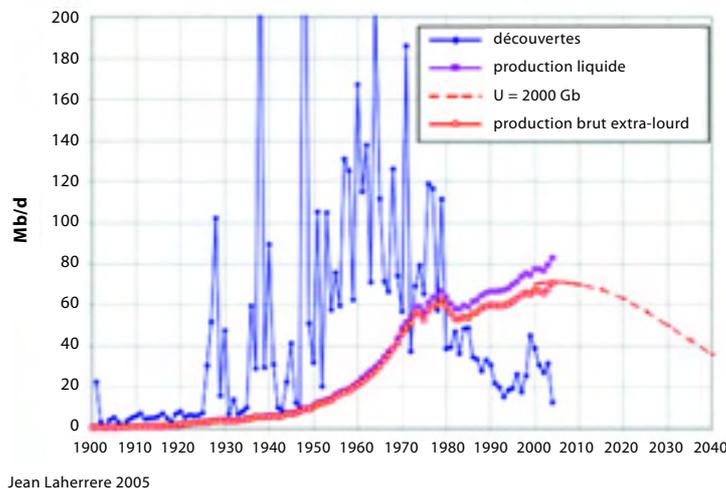
La perspective 2030 nous situe dans un contexte radicalement différent de la situation actuelle dans laquelle le pétrole et le gaz sont des ressources abondantes et à bon marché. A cette échéance, d'une part, on mesurera très directement l'effet de l'insuffisance des ressources fossiles, avec des prix de référence beaucoup plus élevés qu'aujourd'hui, d'autre part, les politiques climatiques s'imposeront réellement à tous, ne serait-ce que parce que la perception des changements sera 2 fois plus sensible qu'aujourd'hui.

• 2030 : on aura passé le pic !

Quoique ce point soit encore discuté aujourd'hui, le pic du pétrole (qui caractérise le devenir de toute ressource fossile soumise à une croissance exponentielle de la demande) aura été dépassé en 2030. Non seulement le pétrole et le gaz, mais toutes les énergies seront alors beaucoup plus chères. Cette situation, sans doute difficile à préparer, constitue bien une chance pour les énergies renouvelables.

Figure 1

Production comparée aux découvertes mondiales du pétrole



• 2030 : on subira 2 fois plus qu'aujourd'hui le changement climatique !

Comparant les données mesurées au cours des 1 000 dernières années, le GIEC constate une élévation importante des températures attendues selon divers scénarios énergétiques, tout en tenant compte des effets des émissions de gaz à effet de serre. Dans toutes les hypothèses, on constate que les effets du réchauffement climatique en 2030 seront environ le double de

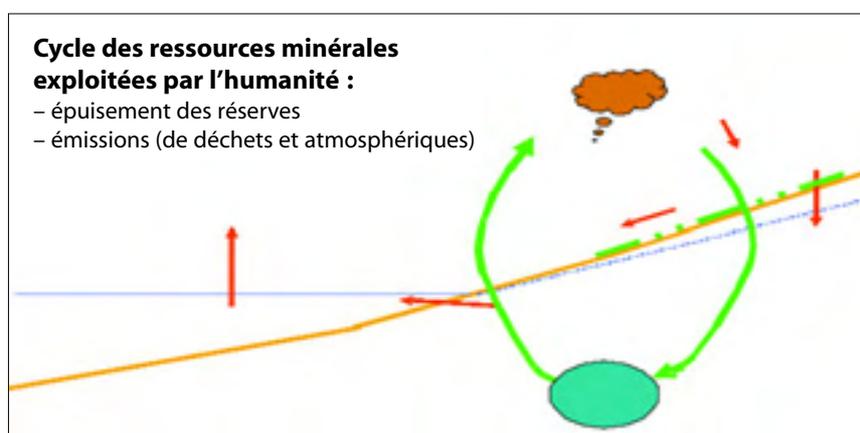
ce qu'ils sont aujourd'hui, relativement à la variation naturelle normale. C'est dire que le climat sera une réalité perçue par tous et que les politiques de limitation des émissions fossiles s'imposeront à tous.

• **2030 : une étape-clé**

L'année 2030 constitue bien une étape-clé pour l'énergie comme pour l'effet de serre, avec l'impérieuse nécessité de limiter le recours aux énergies fossiles et de modifier leur mode d'usage pour assurer une forme de développement non émissive en CO₂. Il faut donc préparer le changement dès aujourd'hui. En effet, le cycle des ressources minérales exploitées par l'humanité entraîne inévitablement aujourd'hui (figure 2) :

- un épuisement des réserves ;
- l'émission de déchets (solides et atmosphériques).

Figure 2
Cycle des ressources minérales



On sait désormais que les pics du pétrole et du gaz interviendront d'abord, au plan économique et industriel, comme élément régulateur des politiques climatiques. C'est le charbon – et les ressources non conventionnelles : huiles lourdes et schistes bitumineux – qui constituent la seule alternative fossile pour demain (fig. 3).

On mesure aujourd'hui les caractéristiques d'une croissance économique basée sur la consommation du pétrole, au plan de l'éthique. Concernant cette ressource fossile non renouvelable, il faut plusieurs centaines de millions d'années pour la produire et seulement quelques dizaines d'années pour l'épuiser. Si l'on ajoute épuisement des ressources fossiles et changement climatique, on mesure alors combien la transition énergétique est nécessaire et même urgente. Le développement des renouvelables s'impose, avec une priorité absolue associée : la maîtrise de l'énergie (ou utilisation rationnelle de l'énergie : URE).

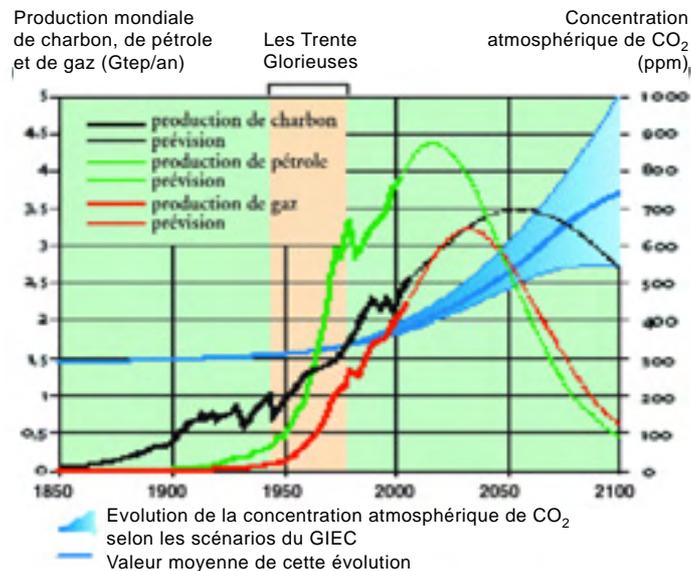
3. Les énergies renouvelables au Maroc : le contexte

Le Maroc se situe de ce point de vue dans la situation économique et sociale suivante :

- une forte contrainte énergétique : 97 % d'importations aujourd'hui ;
- l'intérêt, encore peu mis en œuvre, de mobiliser les ressources durables du pays ;
- l'impératif d'un accès à l'énergie pour tous, y compris dans les sites isolés ;

Figure 3

Echéance 2030 : les pics des fossiles et les scénarios climatiques



- la nécessité de choisir des options respectueuses de l'environnement (évitant notamment les émissions de GES) ;
- l'intérêt de stimuler l'économie locale et l'emploi au Maroc.

Face à cela, le Maroc dispose au plan physique d'une situation remarquablement favorable concernant au moins deux ressources énergétiques renouvelables : l'éolien et le solaire. En matière d'énergie éolienne, avec 3 500 kilomètres de côtes et des vents forts, le potentiel équipable est immense (potentiel de plusieurs milliers de MW). En matière d'énergie solaire, le Maroc bénéficie d'un fort rayonnement solaire : de 4,7 au nord à 5,6 kWh/j/m² au sud, pour 2 800 à 3 400 jours par an. L'énergie solaire bénéficie en outre, dans un pays en plein équipement, d'un atout à prendre en compte dans les choix : on a tout intérêt à en faire des technologies insérées.

Le Maroc dispose en outre de plusieurs sites hydrauliques équipables (plus de 200 sites mini-hydrauliques), mais de tels développements ne peuvent être conçus que dans le cadre d'aménagements intégrés valorisant les autres usages de l'eau. Il en va de même pour la biomasse : avec 9 millions d'hectares de forêts, la consommation de bois de feu est de 3 Mtep, et la déforestation est alarmante. L'usage de la biomasse à des fins énergétiques ne peut se concevoir que dans des dispositifs intégrés privilégiant les usages alimentaires (utilisation énergétique de la biomasse résiduelle, par exemple par pyrolyse des ligneux).

Actuellement, le Maroc se caractérise, en matière d'énergie renouvelable, par :

- une faible contribution (moins de 1 %), avec néanmoins déjà installés : 53 MW éoliens ; 6 MW photovoltaïques ; 40 000 m² de capteurs solaires thermiques ;
- un potentiel géothermique qui reste à explorer ;
- un potentiel d'économies d'énergie estimé à 15 % (secteurs résidentiel et tertiaire).

Ces techniques ont les caractéristiques socio-économiques suivantes :

- elles sont compétitives (ex. : éolien : 0,02 €/kWh à l'horizon 2010) ;
- elles sont mobilisatrices d'un tissu de PME dynamiques ;
- elles sont génératrices d'emploi local ;
- elles sont génératrices de développement économique décentralisé.

4. Energies renouvelables : développements en cours et perspectives

Le Maroc s'est doté depuis peu d'un objectif ambitieux de développement des énergies renouvelables. Selon le CDER, pour 2011 il est le suivant :

- 1 000 MW éolien ;
- 40 MW solaire thermique ;
- 50 MW biomasse ;
- électrification de 10 000 villages ;
- équipement ENR de 3 000 points d'eau ;
- 400 000 m² de chauffe-eau solaires ;
- économie annuelle de 150 000 TEP dans le secteur résidentiel et tertiaire et 360 000 TEP dans l'industrie.

Il s'agit là d'un programme ambitieux, pour lequel des mesures ont été prises pour en assurer la mise en œuvre concrète, en laissant une large place à l'initiative locale des acteurs économiques et sociaux. La part des énergies renouvelables atteindrait ainsi 12 % de la production énergétique en 2011, et 19 % en 2020. En extrapolant ces chiffres, on ne devrait pas dépasser 25 % en 2030.

Compte tenu des considérations qui précèdent, il est proposé d'étudier un scénario plus ambitieux encore, visant un objectif de 50 % en 2030. L'intérêt de l'étude détaillée d'un tel scénario serait de mieux mesurer les contraintes qu'il imposerait, pour être en mesure de prendre à temps les décisions éventuellement nécessaires, au cas où viendrait la nécessité de le mettre en œuvre.

Avant d'aborder ce point, qui constituera notre conclusion, examinons encore deux sujets découlant de la géologie du Maroc, qui est incontestablement d'une grande richesse et d'autant plus intéressante à considérer qu'elle reste encore imparfaitement connue. En effet, la « terre solide » aussi contient des ressources ! De ce point de vue, deux catégories de ressources énergétiques nous interpellent : la géothermie et les schistes bitumineux.

5. Géothermie : l'énergie de la croûte terrestre

La terre n'est pas un « astre mort », dont on devrait se contenter de prélever les ressources fossiles internes ou de grappiller les mouvements atmosphériques les plus superficiels. On doit aussi compter avec les 140 millions d'Exa Joules emmagasinés dans les 5 premiers kilomètres de la croûte terrestre. Ceux-ci peuvent être exploités, compte tenu du gradient géothermique (qui varie selon les régions géologiques) et des réservoirs profonds (par porosité de formations rocheuses ou par fracturation naturelle ou stimulée), selon essentiellement deux formes :

- la géothermie basse enthalpie pour la production de chaleur ;
- la géothermie haute enthalpie pour la production d'électricité.

L'électricité géothermique permet de produire en direct « du puits à la roue », c'est-à-dire du gisement à la turbine, sans usage de carburant. Il existe en matière d'énergie géothermique des potentialités inexplorées au Maroc. Les zones les plus prometteuses sont les suivantes :

- Maroc nord-oriental ;
- bassins sédimentaires du Sahara.

On trouve dans ces deux vastes secteurs deux tendances majeures montrant l'existence d'un potentiel à explorer :

- dans le nord (depuis le Moyen-Atlas, l'est du Rif, jusqu'à l'Alboran et le Sud-est espagnol au nord et l'Algérie à l'est) : volcanisme récent, tectonique d'extension, anomalies géophysiques ;
- dans le sud : un flux de chaleur élevé (des îles Canaries au bassin de Tindouf) : grandes anomalies gravimétriques négatives, fortes atténuations sismiques, volcanisme basaltique plio-quaternaire, indices d'élévation des isothermes.

Il est proposé d'engager un programme visant à identifier les potentialités puis à stimuler le développement de la géothermie au Maroc. Ce programme, que le BRGM propose de mener en partenariat avec des organismes marocains compétents, publics ou privés, devrait inclure :

- une évaluation du potentiel géothermique avec identification de types de développement possibles ;
- des propositions de travaux complémentaires à réaliser pour améliorer la connaissance des ressources et des stratégies de développement à mettre en œuvre ;
- des propositions pour la mise en place d'un cadre institutionnel adapté (cadre juridique, type d'incitations à mettre en œuvre) ;
- des exemples de réalisation à entreprendre, à titre de prototypes ou des démonstrations, avec des partenaires privés (en secteur urbain, industriel, artisanal ou rural).

L'évaluation du potentiel géothermique consiste en une synthèse des données géologiques, géophysiques, hydrogéologiques et hydrogéochimiques, ainsi que des données de forage disponibles sur le Maroc dans son ensemble. Des zones seront délimitées correspondant aux différents types de géothermie à développer. Des contrôles de terrain pourront être entrepris sur un certain nombre de sites remarquables, accompagnés d'échantillonnages géochimiques et d'analyses spécialisées (une douzaine).

Ce travail de cartographie du potentiel devra être accompagné par un travail d'identification des divers types de développement possibles compte tenu de la demande énergétique locale : chaleur, froid, électricité, en tenant compte des puissances appelées, des courbes de charge attendues et des nouveaux développements qui pourraient être induits par la mise en évidence de nouvelles ressources.

Des propositions de stratégie de développement devront être élaborées à partir de ces données :

- par catégories de gisement potentiel et de demandes géographiquement associées, des perspectives de développement seront esquissées (selon plusieurs scénarios), et des stratégies de développement seront proposées ;
- lorsqu'il sera nécessaire, des travaux complémentaires seront recommandés, pour améliorer la connaissance des ressources ou faciliter l'incitation au développement d'opérations.

Actuellement, il n'existe pas de cadre de référence juridique pour la géothermie au Maroc. Il faudra remédier à cette situation en proposant un cadre et des applications s'inspirant de la législation française, qui est proche de la législation marocaine pour ce qui concerne la mine et l'énergie.

Des recommandations seront également formulées pour stimuler le développement des applications en s'inspirant des meilleurs exemples européens :

- couverture du risque géologique ;
- fiscalité réduite pour les réseaux de chaleur et de froid, et les systèmes de stockage afférents ;
- incitations fiscales dans le neuf ou pour la rénovation dans l'existant ;
- information du public et des professionnels ;

- programmes de formations professionnelles de tous niveaux (ingénieurs, techniciens, ouvriers...);
- définition et accompagnement des collectivités locales.

Des exemples de réalisation les plus pertinents (du point de vue de leur duplication économique) seront décrits. Les documents visant à les réaliser au titre de prototypes ou de démonstrations, avec des partenaires privés (en secteurs urbain, industriel, artisanal ou rural) seront élaborés.

Cette partie de l'étude sera particulièrement menée en partenariat avec des bureaux d'études et des entreprises marocaines – voire étrangères si nécessaire – intéressés par ces développements.

Environ 4 à 5 projets seront ainsi décrits au stade de l'avant-projet sommaire (APS), avec indication des moyens (réglementaires, incitatifs ou autres...) éventuellement nécessaires à la prise de décision.

6. 2030 : l'avenir des fossiles au Maroc : les schistes

En 2030, l'épuisement des ressources fossiles conventionnelles amènera à considérer l'exploitation des sables asphaltites et schistes bitumineux. Or, le Maroc est bien placé en la matière.

Le Maroc dispose d'énormes réserves de schistes bitumineux. Il existe au moins trois gisements significatifs dont :

- le gisement de Timahdit qui renferme des réserves (certaines et très probables) de 20 milliards de tonnes de schistes bitumineux avec une teneur en huile de 7,3% c'est-à-dire 73 litres par tonne d'huile, soit plus de 1,5 milliard de tonnes d'huile en place ;
- le gisement de Tarfaya qui a des réserves prouvées de 73 milliards de tonnes avec une teneur moyenne de 5,7%, soit plus de 4 milliards de tonnes d'huile en place.

Une étude de faisabilité d'un pilote de production d'électricité est en cours, mais il est ici recommandé d'avoir l'attention de prévoir :

- une R&D sur les écotecnologies (bioprocédés notamment) ;
- l'option du stockage géologique du CO₂.

Il est possible que ces deux options soient associées dans un dispositif d'exploitation écologique.

Conclusion

En matière d'énergie renouvelable, le Maroc a les moyens, tant pour ce qui concerne les ressources physiques que pour ce qui concerne les caractéristiques socio-économiques nécessaires à ce développement, de développer un potentiel exceptionnel. Des objectifs ambitieux sont possibles :

- concernant la part ENR+URE : atteindre 10 % en 2011, 20 % en 2020... et étudier la possibilité de viser un objectif de 50 % en 2030 ;
- viser par ce moyen une réduction des importations de pétrole : de 22 Mtep, à 18 Mtep en 2020... pour atteindre 15, voire 10 Mtep en 2030 ;
- réduire de ce fait le taux de dépendance énergétique de 97 % (2000) à 80 % en 2020... pour étudier les conditions nécessaires pour atteindre 50 % en 2030 ;
- bénéficier ce faisant des mécanismes de financement internationaux (MDP, FEM, FFEM, FCP).

Il est proposé en conséquence, en termes de perspectives 2030, concernant la part ENR+URE dans le bilan énergie du Maroc, d'étudier parallèlement deux hypothèses :

- la première, obtenue par extrapolation des données actuelles publiées par le CDER, qui vise un objectif déjà ambitieux de 25 %, dont il conviendra néanmoins de vérifier le réalisme ;
- la seconde, visant à atteindre 50 % en 2030, selon le tableau ci-dessous.

	ENR + URE	Mieux faire ?
2000	0,24 %	—
2011	12 %	—
2015	16 %	—
2020	19 %	25 %
2025	22 %	30 %
2030	25 %	50 %

En conclusion, pour 2030, le passage des fossiles aux renouvelables devra en tout état de cause être bien engagé. L'exercice de prospective que doit engager le Haut Commissariat au Plan est essentiel à cet égard. Les partenaires français, dont le BRGM pour la compétence sous-sol (géothermie, schistes bitumineux, stockage du CO₂...), sont prêts à s'associer à l'approfondissement de la démarche, incluant la R&D et les études technico-économiques qui restent à faire.

Propositions pour un réel partenariat Nord-Sud pouvant accélérer le développement des énergies renouvelables en Méditerranée

Saïd MOULINE

Diese Consulting, Président de l'AMISOLE

Lors de la Conférence des Nations Unies sur le changement climatique (COP 11), qui s'est tenue en décembre 2004 à Buenos Aires, le président argentin, M. Nestor Kirchner, a souligné que la responsabilité collective en ce domaine devait se traduire par une véritable solidarité Nord-Sud et donc, entre autres, par l'annulation de la dette publique des pays en développement en échange de la réduction de leurs émissions de gaz à effet de serre.

Plus récemment, le Président du gouvernement espagnol, M. Zapatero, a mentionné la « fraternité énergétique » qui existe entre l'Espagne et l'Algérie. Il était bien entendu question de gaz naturel. Si dans le cadre de l'Union maghrébine une fraternité énergétique devait être de mise, elle est pour le moment quasi inexistante, si ce n'est l'interconnexion et les faibles échanges d'électricité entre les pays de l'Afrique du Nord. Le gazoduc Maghreb-Europe avait laissé entrevoir une lueur d'espoir ; il n'est pas question de le doubler pour le moment, mais d'en construire un nouveau, plus onéreux, qui liera directement l'Algérie à l'Espagne niant ainsi l'intégration régionale.

Parallèlement, à l'occasion du séminaire international organisé par la Fédération marocaine de l'énergie en janvier 2005 sur « les défis énergétiques au 21^e siècle pour le Maroc et pour l'Europe », il a été prétendu que l'énergie éolienne reste chère et aléatoire et que les pays du Sud n'ont pas les moyens aujourd'hui d'accompagner ce type de technologie.

Une nouvelle approche pourrait accompagner une utilisation à grande échelle de l'énergie éolienne dans les pays du Sud disposant de bons gisements éoliens, tout en développant une solidarité Nord-Sud. Elle s'appuierait sur l'utilisation des énergies renouvelables dans les pays du Sud, mais avec un accompagnement des pays du Nord qui consisterait à résoudre le problème de l'intermittence de ce type de sources et à ouvrir leur marché de l'électricité verte à ces pays. Elle permettra aux pays du Sud de continuer leur développement et même de devenir exportateurs d'électricité verte en s'appuyant sur des énergies « nationales », économiques, propres et sûres et aux pays du Nord de remplir leur contrat vis-à-vis du protocole de Kyoto.

L'énergie éolienne : une énergie devenue économique grâce aux politiques menées par certains pays du Nord

S'il est possible de considérer l'énergie éolienne comme une énergie économique aujourd'hui, c'est grâce aux politiques menées par certains pays du Nord depuis les années 80. Les milliers de petites éoliennes installées en Californie ont permis de lancer une technologie qui connaît

aujourd'hui une croissance annuelle mondiale de plus de 20 %. En reconnaissance de son avantage environnemental, plusieurs pays du Nord ont subventionné cette technologie dans le but d'en diminuer le coût et de stimuler le marché. Avec l'obligation pour les compagnies électriques de produire un certain pourcentage d'électricité à partir d'énergies renouvelables (*Renewables Portfolio Standard* au Texas, *Non Fossil Fuel Obligation* au Royaume-Uni, *Green Electricity* en Italie), avec les crédits d'impôts, avec les fonds environnementaux à faible taux d'intérêt (Hollande) ou encore avec les lois sur les énergies renouvelables qui fixent un prix élevé pour le kilowattheure éolien (Allemagne, Espagne et, plus récemment, la France), l'énergie éolienne a connu une forte croissance et une réelle révolution technologique durant ces dix dernières années. Ces politiques ont fait d'elle aujourd'hui la plus avancée, techniquement et économiquement, des énergies renouvelables.

L'énergie éolienne : une tarification intéressante réservée aux pays du Nord

Toutefois, les pays du Nord n'encouragent le développement des énergies renouvelables qu'au niveau national. Si l'objectif est réellement de développer les énergies non émettrices de gaz à effet de serre partout dans le monde, les pays du Nord, principaux émetteurs, devraient autoriser les pays du Sud à vendre sur le marché « vert européen » leur électricité produite à partir des énergies renouvelables. Déjà en 1999, l'Association marocaine des industries solaires et éoliennes (AMISOLE) avait suggéré, lors de la COP 7 tenue à Marrakech, que le Maroc, qui est connecté à l'Europe, puisse exporter une électricité verte vers les marchés européens aux tarifs appliqués par ces derniers à ce type de produit. Cette proposition est restée bien évidemment sans suite.

La capacité mondiale des parcs éoliens installés aujourd'hui est de plus de 47 000 MW. En Europe, elle dépasse les 28 000 MW, et il est prévu qu'elle atteigne 150 000 MW en 2020 pour fournir 20 % de sa demande électrique. Ce secteur a créé plus de 75 000 emplois en Europe (essentiellement en Allemagne, Espagne et Danemark). Son coût, pour certains sites bien ventés, est déjà comparable au coût des centrales électriques traditionnelles. Un récent appel d'offres au Canada pour un parc de 1 000 MW a été conclu à un prix inférieur à 4 centimes d'euro le kWh, alors qu'en 1995 le coût moyen était deux fois plus élevé.

De plus, dans le contexte actuel, c'est l'une des seules technologies qui peuvent offrir un prix du kWh compétitif sur des durées de 20 à 30 ans, ce que peu de projets utilisant les énergies traditionnelles (charbon, fuel, gaz) peuvent offrir vu l'incertitude sur les prix des ressources primaires. Le nucléaire, s'il est relancé et malgré les problématiques du coût élevé de l'investissement, des déchets, de la sûreté et de la prolifération qu'il génère, devra aussi utiliser de l'uranium dont les gisements ne sont pas illimités. Enfin, l'Agence internationale de l'énergie prévoit dans son scénario de référence que le gaz et les énergies renouvelables connaîtront une forte croissance entre 2002 et 2030. Les énergies renouvelables passeraient de 1,56 milliard de TEP à 2,33 milliards de TEP dans ce laps de temps, essentiellement grâce à l'énergie éolienne.

L'énergie éolienne : une énergie intermittente

Cependant, l'aspect intermittent de cette technologie pose quelques problèmes. Les électriciens doivent répondre à une demande électrique à tout instant, et la gestion de la courbe de charge pourrait être difficile avec des parcs éoliens. Pour pouvoir développer de façon importante cette technologie dans les pays du Sud, il faut résoudre le problème de l'aspect aléatoire du vent.

Certaines compagnies électriques du Sud prétendent même que pour un parc éolien, il faut investir dans une centrale conventionnelle de même capacité pour pouvoir garantir la puissance au réseau électrique. Ce problème a beaucoup plus d'impact lorsque le réseau n'est pas très développé ou a une faible capacité, comme c'est souvent le cas dans les pays du Sud.

L'énergie éolienne dans les pays du Sud

L'énergie éolienne connaît des développements importants dans les grands pays du Sud, principalement en Inde et en Chine où une nouvelle centrale d'énergie éolienne est construite dans la province du Hebei. Cette centrale, qui pourra générer en 2007 jusqu'à 400 MW, permettra de fournir 8 % des besoins en électricité de la zone Pékin-Tianjin-Tangshan et doublera ainsi la production actuelle d'électricité éolienne en Chine. Preuve de l'engouement de la région, la dernière conférence mondiale sur l'énergie éolienne (WWEC) et la conférence sur l'énergie éolienne en Asie ont été regroupées en un seul événement, organisé à Pékin.

L'Inde continue à figurer dans les cinq premiers mondiaux, avec une puissance totale de plus de 3 500 MW. L'Inde possède déjà le plus grand champ éolien d'Asie à Sankaneri dans l'Etat du Tamil Nadu. De plus, c'est une société indienne qui développe et produit une turbine de 80 mètres de haut sur un diamètre de 88 mètres et d'une capacité de 2 MW faisant d'elle la plus grosse turbine en dehors de l'Europe.

Au Brésil, pour développer des sources d'énergie renouvelable non polluantes et garantir la génération d'électricité dans des régions isolées du réseau électrique, le Président Lula a signé récemment un contrat de financement de 241,6 millions d'euros pour construire le plus grand parc éolien du pays dans l'Etat du Rio Grande do Sul. Opérationnelle d'ici fin 2006, cette installation aura une capacité de production de 150 MW. Le parc produira une énergie suffisante pour approvisionner Porto Alegre, ville de plus de 1,3 million d'habitants.

Les grands pays du Sud qui possèdent de grands réseaux électriques ne connaissent donc pas le problème lié à l'aspect aléatoire de l'énergie éolienne, car ces projets, malgré leur taille, ne représentent qu'un faible pourcentage de leur parc électrique. Mais les pays du Sud, avec des réseaux plus petits, ne peuvent jouer pleinement la carte éolienne, même s'ils disposent de gisements de vent intéressants.

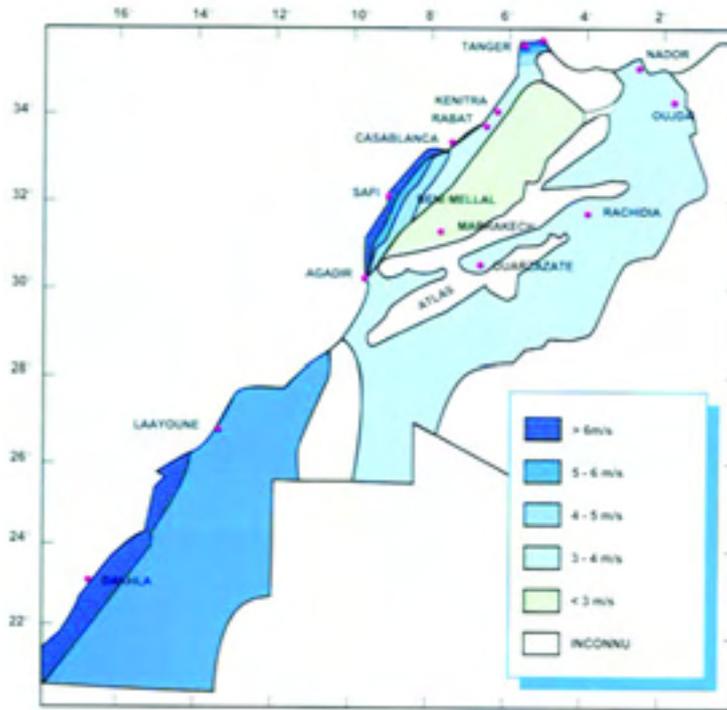
Le contexte marocain

Le Maroc, dont 97 % de l'énergie est importé, s'est aussi intéressé aux énergies renouvelables après le deuxième choc pétrolier. Il faut remarquer qu'un des principaux atouts pour le Maroc est son gisement éolien de la zone Nord (entre Tanger et Tétouan) et de la bande côtière allant d'Essaouira à Lagouira qui présentent des sites exceptionnels avec des vents réguliers et des vitesses moyennes suffisantes pour développer des projets rentables.

La capacité d'énergie éolienne installée au Maroc aujourd'hui est de 53,9 MW, soit seulement 1,2 % de la puissance totale installée. Avec un fonctionnement durant près de 4 500 heures par an, les parcs ont une productivité exceptionnelle de 241 GWh. D'ailleurs, un projet privé de 10 MW pour l'autoproduction de l'énergie d'une cimenterie a été réalisé dans le nord du Maroc, prouvant ainsi la compétitivité de cette technologie. Deux autres projets sont en développement par l'Office national d'électricité (ONE) à Essaouira (60 MW) et à Tanger (140 MW) ; deux parcs de production sont projetés à Taza (60 MW) et à Tafaya (60 MW)

par le même Office. L'Office national de l'eau potable (ONEP) a également un projet de parc éolien de 10 MW pour alimenter une usine de dessalement d'eau de mer dans le sud du Maroc (Tan Tan). Ces projets ont le mérite d'exister, mais c'est d'une nouvelle stratégie dont le pays a besoin dans le contexte énergétique international actuel.

Figure 1
Gisement éolien au Maroc



Source : Centre de développement des énergies renouvelables.

Pour pouvoir développer de façon importante cette technologie au Maroc, il faut notamment résoudre le problème de l'aspect aléatoire du vent. Les électriciens doivent répondre à une demande à tout instant, et la gestion de la courbe de charge pourrait être difficile avec seulement des parcs éoliens. Heureusement, deux solutions existent au Maroc :

La politique des stations hydrauliques de pompage turbinage (STEP)

L'intégration de l'électricité éolienne dans un schéma général de production d'électricité est donc rendue délicate par l'extrême fluctuation de la puissance délivrée par les éoliennes. Pour pallier cet inconvénient, il est nécessaire d'associer la production éolienne à d'autres modes de production d'électricité. Par exemple, en France, l'électricité éolienne vient en complément de l'électricité produite par les centrales nucléaires. Toutes les solutions exploitant la complémentarité de plusieurs sources d'énergie exigent un réseau de distribution robuste. La solution envisagée par le Danemark (fournisseur d'électricité éolienne) et la Norvège (où 69 % de l'électricité est hydroélectrique) qui consiste à coupler éoliennes et centrales hydroélectriques met en outre à profit les capacités de stockage de l'énergie. En période de vents forts, l'électricité éolienne en excès serait acheminée vers les barrages de Norvège et utilisée pour pomper l'eau et la remonter en amont des barrages. En période de vents faibles, l'ouverture des vannes des barrages restituerait rapidement l'énergie stockée, et de l'électricité serait acheminée vers le Danemark.

Au Maroc, les stations hydrauliques de pompage turbinage (STEP) permettant de stocker de l'énergie existent, et la première est en phase d'être terminée à Afouer. Deux autres sont projetées, ce qui permettra de stocker de l'électricité éolienne quand la demande est faible et de la fournir aux heures pleines.

Les réseaux interconnectés dans un cadre Nord-Sud

Techniquement, les réseaux électriques, surtout lorsque des interconnexions existent entre les pays, sont aujourd'hui capables d'accepter une large quantité d'électricité éolienne intermittente (car dépendante du vent), et le Danemark prévoit que 50 % de son électricité sera éolienne en 2030. Reste posé le problème de la garantie de puissance, chère aux électriciens. Aujourd'hui, les réseaux électriques de plusieurs pays du Sud sont interconnectés avec ceux des pays voisins du Nord. Là aussi, l'expérience danoise qui s'appuie sur l'énergie hydraulique des pays voisins a montré qu'on peut atteindre des pourcentages importants d'une électricité produite d'origine éolienne si des accords d'échange d'électricité tenant compte de cette spécificité sont trouvés. Dans le cas de l'échange Nord-Sud une garantie de puissance est possible. Vu la différence de capacité installée entre les réseaux du Sud et du Nord (la consommation totale en électricité en 2002 de toute l'Afrique du Nord n'atteignait pas 5 % de celle de l'Union européenne), cette approche ne serait pas très contraignante pour les électriciens du Nord. Ces derniers devront garantir une puissance équivalente aux parcs éoliens installés au Sud, ce qui ne représentera même pas 1 % de leur capacité. La contre-partie pourrait être que ces parcs éoliens soient comptabilisés pour les pays du Nord dans le cadre du protocole de Kyoto. Un accord de ce type entre le Maroc et l'Espagne, deux pays déjà interconnectés, permettrait de convaincre la compagnie électrique nationale d'accélérer son programme éolien. L'Espagne a investi énormément (plus de 12 milliards de dollars) dans la filière éolienne pendant les dix dernières années. Elle est devenue un leader mondial, avec un parc qui va bientôt atteindre les 10 000 MW.

L'accès aux marchés de l'électricité verte des pays du Nord

Si les pays du Nord ouvrent leur marché de l'électricité verte aux pays du Sud lorsque les réseaux électriques le permettent et lorsque les interconnexions existent entre les pays, le développement de projets éoliens dans les pays du Sud pourrait connaître un essor important.

En effet, les problèmes d'espace rencontrés par les promoteurs parfois dans les pays du Nord se posent rarement dans certains pays du Sud. Déjà, l'orientation de nouveaux champs d'éoliennes dans les pays du Nord est en train de passer par une implantation en mer, à une dizaine de kilomètres au large des côtes. Le surcoût de 20 à 50 % lors de l'installation devrait être compensé par une production d'électricité plus élevée. En 2003, la puissance éolienne offshore était de 540 MW (dont 74 % au Danemark, près de 300 éoliennes, toutes installées en Europe). Le Danemark est à la pointe des expériences en ce domaine. Ce pays a installé en 2002 le plus grand parc éolien offshore du monde (160 MW) et 192 MW en 2003. En France, l'objectif est d'installer d'ici 2007 une capacité de production éolienne de 2000 à 6 000 MW, dont 500 à 1 500 MW en mer.

Les pays du Sud, si l'accès aux marchés de l'électricité verte leur est ouvert, peuvent offrir des sites immenses où l'impact environnemental et visuel des parcs éoliens serait minimisé. Les pays du Sud peuvent même ainsi devenir des exportateurs de ce type d'électricité que des pays du Nord se trouvant à proximité pourront importer de régions disposant de territoires énormes avec d'excellents gisements éoliens et des densités de population souvent très faibles.

Comme le montre la carte du gisement éolien, la côte atlantique du Sahara qui s'étend du Maroc jusqu'en Mauritanie représente un espace immense, très peu peuplé et surtout bien venté, ce qui en fait un site potentiellement exploitable par le réseau électrique européen. Des applications pour le dessalement de l'eau de mer ou même de production d'hydrogène pourraient s'intégrer à des projets d'envergure dans cette région. Se posera alors la problématique du transfert de l'énergie sur des distances assez longue. Afin d'éviter les pertes en ligne, un projet à l'étude prévoit même la technique de lignes haute tension à courant continu comme celles qui relient les barrages canadiens à New York. Cette technologie pourrait limiter les pertes en ligne à pleine charge à moins de 15 % sur une distance dépassant les 4 000 kilomètres. Cette distance serait suffisante pour livrer de l'électricité produite sur les côtes et plateaux de cette région jusqu'en Allemagne.

Conclusion

Pour les pays du Sud qui n'ont pas de réseaux électriques suffisants et qui disposent de gisements éoliens importants, une solidarité Nord-Sud est donc nécessaire pour que ces derniers puissent valoriser des ressources nationales et respectueuses de l'environnement. Cette approche, sans être excessivement contraignante pour les pays du Nord, garantirait une puissance aux pays du Sud et leur ouvrirait le marché de l'électricité verte des pays du Nord. Cela aurait des conséquences bénéfiques sur la dépendance énergétique des pays du Sud et la facture qui y est associée. De plus, la composante environnementale ferait non seulement de ces pays des modèles en la matière, mais permettrait aussi le co-financement des projets par des fonds environnementaux tels que le Fonds pour l'environnement mondial ou encore le mécanisme pour un développement propre (MDP) prévu par le protocole de Kyoto.

Les pays du Sud pouvant même devenir des exportateurs de ce type d'électricité, cette solidarité Nord-Sud permettra aussi aux entreprises des pays du Nord de réaliser des projets gigantesques et de satisfaire une demande significative en électricité tout en respectant leurs engagements environnementaux, grâce à une énergie propre et renouvelable. Cette approche pourrait aussi être généralisée aux autres technologies comme le solaire thermique de puissance ou le solaire photovoltaïque, dès que leurs coûts se rapprocheront de celui de l'éolien.

L'ensemble euro-méditerranéen deviendrait un exemple de coopération énergétique associant solidarité Nord-Sud et développement des énergies renouvelables.

Ces décisions, qui peuvent être rapidement prises par les pays du Nord car elles ne nécessitent que des garanties et des autorisations et non pas des investissements, donneraient un signal fort aux pays du Sud pour qu'ils se lancent sérieusement dans les énergies renouvelables tout en accompagnant leur décollage industriel, économique et social, permettant ainsi de limiter les flux migratoires du Sud vers le Nord.

Enfin, en ayant résolu le côté intermittent propre aux énergies renouvelables, on pourra même permettre que cette électricité serve à dessaler l'eau de mer et à produire de l'hydrogène d'une façon propre et économique.

Habitat et énergie

Cécile JOLLY

Centre d'analyse stratégique, France

Le fil conducteur de mon intervention sera d'abord l'augmentation prévisible de la consommation énergétique de l'habitat, puis l'importance de la question des comportements de consommation et le lien entre mobilité et habitat qui me semble, aujourd'hui, tout à fait déterminant, car la localisation des logements et des activités économiques détermine la demande des transports. Enfin, je m'interrogerai, et c'est presque un réflexe professionnel, sur les solutions à même de maîtriser cette augmentation prévisible de la demande et de ses impacts environnementaux.

En effet, la climatisation est très importante dans certaines activités comme le tourisme, qui est particulièrement important pour l'économie marocaine, et, évidemment, les activités de service comme les hôpitaux. Une autre modification des usages observée dans un certain nombre de pays est la croissance de la demande du confort thermique. C'est généralement le chauffage, l'eau chaude sanitaire et la cuisson, dont la demande augmente avec le revenu. Il faut donc s'attendre à une hausse de cette demande au Maroc, qui induira une demande supplémentaire d'énergie.

Par ailleurs, un élément qui est moins souvent évoqué est l'accroissement des autres consommations électriques. Elles croissent de manière très sensible, en liaison notamment avec l'informatisation et, comme vous avez pu le constater au Maroc, avec l'usage d'Internet. On estime aujourd'hui qu'aux U.S.A. plus que 8 % de la consommation électrique américaine est due à l'informatique.

En outre, l'usage des équipements électriques comme l'électroménager contribue à un autre phénomène qui prend une certaine ampleur, en particulier en Europe, en liaison avec cette informatisation des équipements électriques et leur mise en veille. On estime que cette mise en veille est équivalente à 5-15 % de la consommation énergétique résidentielle en Europe, ce qui est considérable.

La localisation des activités économiques, des services et des loisirs est aussi un facteur de mobilité très important, puisque cette mobilité est fonction du trajet domicile-travail et domicile-activités de loisirs. Vous avez aussi tout ce qui est lié à l'activité industrielle, notamment l'importance des déplacements entre les plateformes de stockage et l'acheminement des marchandises. En Europe on a eu, pour des raisons économiques liées au faible coût du transport et à la charge foncière au centre ville, une concentration des plateformes de stockage très éloignées des centres de consommation. Cette situation a accru considérablement le kilométrage parcouru par les marchandises, et de ce fait, on est très loin de pouvoir rapprocher le stockage des centres de consommation.

Il s'agit de questions importantes qui nécessitent une analyse, d'autant plus que dans tous ces déplacements la prédominance de la route est manifeste. C'est un mode de transport grand

consommateur d'énergie, et il n'y a pas beaucoup de substitut au pétrole à des coûts acceptables. C'est aussi un mode pollueur puisqu'il est émetteur de GES. On a pris l'habitude, dans les perspectives sur l'habitat, de calculer les consommations unitaires en incluant les déplacements et les activités économiques. Aujourd'hui, un bilan en carbone d'une entreprise doit comprendre les déplacements de marchandises du berceau à la tombe dans tout processus de production et, également, les déplacements des employés pour venir travailler.

On a évoqué aussi le cadre des mécanismes de développement propre du protocole de Kyoto, et on peut, d'une manière générale, penser à la coopération de développement qui a permis au Maroc d'introduire l'énergie solaire. Je pense aussi au partenariat public-privé, à l'instar de l'exemple de Lafarge à Tétouan qui, non seulement va avoir une autosuffisance énergétique grâce au parc éolien, mais aussi un bâti extrêmement performant en matière énergétique et qui cumule ces différents éléments. On parle aussi d'instruments économiques d'incitation qui sont cadrés sur les permis d'émission, même si je n'y crois pas beaucoup dans le cas du bâtiment.

On a l'habitude d'admettre que la réglementation est plus efficace, particulièrement avec un système de permis d'émission entre copropriétés. Cette question est évoquée pour voir là où les investissements seraient les plus rentables moyennant des transactions de droits. Cela semble irréalisable, et on peut aussi prendre l'exemple européen corroboré par les différentes étapes de la réglementation thermique. Chez nous, le chauffage est le poste qui a le plus contribué à la réduction de la consommation d'énergie dans l'habitat, et ce de manière extrêmement sensible en 30 ans ; c'est moins 25 % et les prévisions pour la nouvelle réglementation thermique 2000 sont encore plus favorables. De ce point de vue, on peut tout à fait s'en inspirer.

Je voudrais citer deux exemples innovants : Bedzed, un îlot d'habitations en banlieue londonienne, a été financé en partie par le gouvernement britannique et réalisé en partenariat avec le WWF. Ce projet a permis de réaliser un habitat à énergie positive grâce aux panneaux solaires ; il a aussi créé une voiture électrique permettant aux habitants de se déplacer sur des trajets courts pour aller faire leurs courses ou pour assister aux cours. On s'est soucié davantage de la localisation de ces services de proximité pour éviter les très grands déplacements.

En conclusion, je dirais que le secteur de l'habitat illustre la nécessité d'entreprendre une étude prospective interdisciplinaire, puisqu'on a bien vu que l'exercice faisait appel à des connaissances techniques, sociologiques, environnementales et économiques. Mais à quoi sert de faire de la prospective si ce n'est pour agir sur le futur. Je voudrais, en terminant, vous laisser méditer un petit Aykoo japonais. « Une vision sans action est un rêve, une action sans vision est un cauchemar. » Je suis sûre que le Plan et en particulier M. Lahlimi ont une vision et une action.

Energie et habitat, enjeux d'avenir

Ali GUEDIRA

*Directeur des affaires techniques
Ministère chargé de l'Habitat et de l'Urbanisme*

La présente intervention ouvre deux grands champs de débats, de réflexions, de recommandations et surtout met en lumière l'interaction fort sensible de deux créneaux majeurs dans le développement socio-économique de notre pays, aussi sensibles l'un que l'autre et représentant tous deux de véritables enjeux d'avenir : l'habitat et l'énergie

C'est ainsi que l'on soulignera le rapport et la sensibilité du rôle de l'habitat en matière d'économie d'énergie mais surtout les opportunités qu'offre ce secteur pour la promotion et l'introduction de nouveaux comportements vis-à-vis de l'énergies.

Pour ce faire, il est important, au préalable de rappeler les multiples aspects qui font de l'habitat un secteur-clé :

- sur le plan financier : il accroît l'épargne des ménages, oriente vers des emplois productifs à long terme (le BTP contribue au PIB à hauteur de 5 % ;
- sur le plan économique : il entraîne une forte valeur ajoutée à effets induits multiples en amont et en aval de l'acte de bâtir ;
- sur le plan social : il réalise l'équilibre sociétaire, assure la qualité de vie, l'hygiène et la santé ;
- sur le plan de l'emploi : il est générateur d'emplois productifs directs et indirects ;
- sur le plan de la sécurité : il représente un besoin incompressible, assure la dignité et la stabilité sociale.

Tous ces aspects soulignent la sensibilité du secteur de l'habitat et les multiples champs auxquels il est aussi bien réactif que réacteur. D'où toute la réelle dimension de la problématique de l'Habitat une fois décliné en chiffres exprimant les besoins auxquels des réponses rapides devraient être apportées. A ce jour :

- 120 000 logements sont produits par an au Maroc ;
- 110 000 logements sont nécessaires pour répondre aux besoins de la croissance démographique ;
- 18,5 % des ménages sont locataires ;
- 65,1 % des ménages sont propriétaires ;
- 11,9 % des ménages urbains vivent en cohabitation ;
- 4,7 % des ménages vivent en milieu rural ;
- 7,2 % des ménages occupent un logement précaire ;
- 22,1 % du budget des ménages est consacré à l'habitation ;
- 20 % des dépenses des ménages liées au logement sont consacrées à l'énergie.

Le département de l'Habitat et de l'Urbanisme, en réponse à ces besoins exprimés s'est engagé à :

- doubler la cadence de production pour généraliser et dépasser la production de 100 000 unités par an (ce cap a été franchi fin 2005) ;
- résorber les déficits cumulés de l'Habitat ;
- réorganiser les modes de gestion et d'organisation des opérateurs du MHU en renforçant le holding d'aménagement *Al Omrane* en cours de fusion avec les établissements et opérateurs publics ;
- promouvoir l'habitat à faible VIT ;
- développer le partenariat public-privé ;
- encadrer le secteur de l'habitat entre autres par la normalisation et la qualification.

L'ensemble de ces chantiers largement engagés et dont les premiers résultats sont appréciables et quantifiables s'articulent autour de quatre axes majeurs d'une stratégie consistant en :

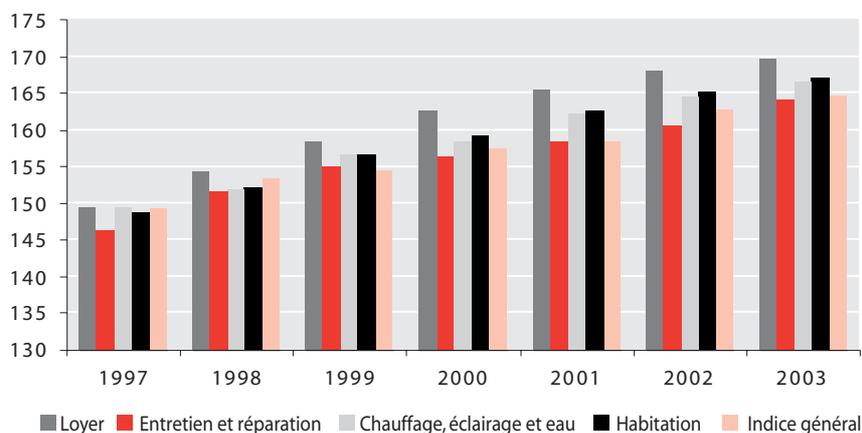
- l'augmentation des potentialités d'accueil des villes et la création de nouveaux pôles urbains ;
- l'adaptation de l'offre de l'habitat au volume et à la nature de la demande ;
- l'accélération des programmes de résorption de l'habitat insalubre ;
- la mise à niveau des villes et l'amélioration des conditions d'habitat en milieu rural.

Autrement dit, il faudrait s'attendre à une augmentation remarquable en termes de consommation de l'énergie aussi bien industrielle, (accompagnant tout azimut l'ensemble des chantiers ouverts : cimenteries, céramiques, transport, chantiers de valorisation et de construction, etc.) que domestique. En effet, étant un des principaux postes de dépenses énergétiques aux côtés de l'industrie, des transports et du secteur tertiaire, il ne saurait être dépassé outre mesure dans un contexte économique et géopolitique fondé sur les contraintes de préservation des énergies fossiles avec en toile de fond la raréfaction des ressources exploitables et la pollution et la production des gaz à effet de serre.

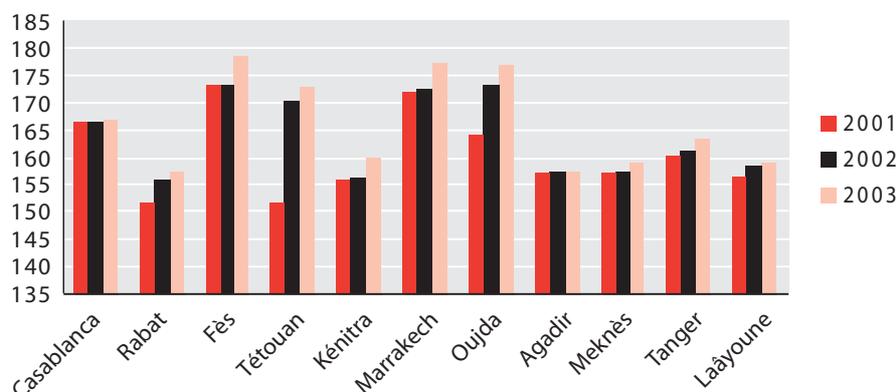
Ceci d'autant plus que l'habitat représente pour le Maroc 17 % de sa consommation totale d'énergie, contre respectivement 28 % et 27 % pour la France et l'ensemble de l'Union européenne.

A cette sensibilité, voire même à la gravité de la problématique combinée du couple habitat-énergie, une méconnaissance des modes de consommations de l'énergie, ainsi que les tendances dominantes sont opposées de manière paradoxale.

Evolution des indices du coût de la vie en milieu urbain



Evolution des indices du coût de la vie :
chauffage, éclairage et eau pour certaines villes



Dans l'ensemble, l'augmentation sensible des dépenses énergétiques se justifierait par des attentes de qualité de service et de confort. En effet, l'énergie utilisée dans les logements est estimée à :

- 20 % pour l'eau chaude sanitaire ;
- 10 % pour l'électroménager, éclairage et TV ;
- 70 % pour la cuisson et le chauffage-climatisation.

Le poste le plus important est celui qui révèle l'absence de considérations énergétiques dans la conception, la construction, l'équipement et la gestion des bâtiments collectifs et individuels.

En effet, il suffit pourtant du respect de quelques règles conceptuelles pour assurer des économies d'énergie dans les bâtiments. A titre indicatif, il faut savoir que :

- la compacité du bâtiment joue un rôle indéniable car pour un même volume habitable, plus la surface de l'enveloppe externe est petite, moins il y a de déperditions thermiques ;
- la situation du bâtiment est déterminante : entouré d'autres volumes construits, il nécessite moins d'énergie qu'un bâtiment isolé ; de même, protégé des vents ou avec les fenêtres principalement orientées au sud, il bénéficie d'un apport solaire important ;
- la création de zones-tampons où il n'est pas nécessaire de chauffer réduit les pertes (inertie du bâtiment) ;
- toute paroi stocke plus ou moins de la chaleur selon le matériau utilisé ; cette accumulation de chaleur, qu'elle provienne du rayonnement solaire ou du chauffage, permet d'atténuer les variations de température à l'intérieur de l'habitation.

Dans ce sens, des efforts sont à entreprendre en matière de conception architecturale des bâtiments (enveloppe, matériaux de construction, ouverture, orientation, etc.). Sans pour autant omettre de développer des systèmes de vigilance quant au fonctionnement des équipements (dimensionnement, transformateurs de puissance, installations énergétiques, etc.).

Si l'architecture peut être un atout pour l'économie d'énergie, elle est insuffisante sans une isolation thermique et surtout sans l'utilisation des énergies renouvelables. En effet, le Maroc regorge d'opportunités : énergie éolienne, solaire, etc. d'autant plus que l'on sait qu'un chauffe-eau solaire peut produire (sur l'année) de 50 à 70 % de l'eau chaude nécessaire aux besoins familiaux. De même qu'une pompe à chaleur produit 4 à 5 fois plus d'énergie qu'elle n'en consomme (équivalent d'un réfrigérateur). D'où la nécessité, entre autres, d'encourager une meilleure utilisation des équipements électroménagers. Une meilleure rationalisation de la

consommation et l'utilisation d'innovations technologiques permettraient de diviser par trois la consommation d'électricité pour le froid et l'audiovisuel et par quatre celle pour l'éclairage. A titre d'exemple, il faut savoir que la fonction veille à elle seule consomme l'équivalent de l'éclairage du logement.

L'essence de ce qui a précédé se ramène essentiellement à l'urgence et à la nécessité d'introduire la notion de gestion énergétique dans les bâtiments et représente également autant d'arguments plaidant en faveur de la mise en place du code d'efficacité énergétique pour :

- la conception des bâtiments (architecture, enveloppe, matériaux de construction, ouverture, orientation, etc.) ;
- le fonctionnement des équipements (dimensionnement, transformateurs de puissance, installations énergétiques, etc.) ;
- la gestion énergétique dans les bâtiments ;
- la création d'une entité chargée de la réglementation thermique du bâtiment dont la mission est :
 - l'élaboration des normes techniques pour les professionnels des bâtiments,
 - l'élaboration d'un guichet de compensation pour les investissements en efficacité énergétique,
 - l'identification et promotion des investissements en efficacité énergétique (l'habitat est un secteur accessible aux économies d'énergie).

De ce qui a précédé deux aspects majeurs sont à retenir :

- le secteur de l'habitat est appelé à représenter un poste de dépense énergétique plus important qu'il ne l'est aujourd'hui ;
- les modes de production et de consommation liés à l'habitat sont appelés à être revus de manière radicale pour palier les crises énergétiques récurrentes et désormais structurelles.

Pour ce faire, il est devenu primordial d'œuvrer à :

- l'amélioration des connaissances sur les comportements de consommation d'énergie ;
- la maîtrise de l'énergie ;
- l'encouragement de l'utilisation des énergies renouvelables ;
- le développement de la recherche liée à la prospection de nouvelles technologies et l'amélioration du code d'utilisation des énergies renouvelables ;
- l'appui et l'encouragement à la formation et à la recherche en matière d'énergie, axées sur le secteur de l'habitat.

Conscient des enjeux d'avenir que représente toute cette problématique, le département de l'Habitat et de l'Urbanisme, à travers sa direction technique œuvre depuis quelque temps déjà, dans le cadre de la concertation et du partenariat avec un ensemble de partenaires dont le CDER, à la mise en place des jalons d'une nouvelle stratégie axée sur la prépondérance de l'enjeu énergétique dans le secteur de l'habitat.

TROISIÈME SÉANCE

Energie et sécurité des approvisionnements du Maroc dans son contexte régional et international

Reinaldo FIGUEREDO

*Ancien ministre vénézuélien des Affaires étrangères,
Expert international en matière d'énergie*

Mon intervention insistera sur l'avènement d'une transition énergétique, en elle-même complexe. Le Professeur Chevalier la qualifie de « changement de paysage » et rejette toute allusion à un nouveau choc pétrolier. Cette « transition » impose pour tout pays une introspection approfondie sur les bases non seulement des prix de l'énergie primaire (un baril de pétrole qui va vers les 120 dollars US dans un proche avenir) mais aussi sur les perspectives et la diversité des sources d'approvisionnement et la recherche d'un « bouquet énergétique optimal » à construire d'ici l'an 2050.

Les « enjeux stratégiques » touchent de prime abord le fonctionnement de l'économie mondiale. Mais il est certain qu'aucune de ses composantes ne sera épargnée, du plus petit pays au plus influent. La problématique de la « sécurité énergétique » n'épargnera aucun pays, et les solutions recherchées auront les unes plus que les autres des effets certains à l'intérieur de chaque pays et région.

L'approvisionnement en énergie – non seulement en électricité – essentielle pour la transformation de biens et le fonctionnement des services qui touchent au bien-être de nos sociétés, doit être revue et pondérée dans le contexte d'une nouvelle stratégie de développement.

Nous nous trouvons aujourd'hui à un carrefour qui risque de nous entraîner vers des « conflits majeurs » ou vers une « convergence constructive » et paisible de la plus grande importance. Les pays qui s'efforcent de mener à bien une transition de développement économique et social, comme c'est le cas de cette région maghrébine, se trouvent dans un seuil d'incertitude et de fragilité potentielle.

« L'économie du savoir » telle que la décrit Jean-Louis Reiffers, appliquée à l'énergie et à l'eau, dans le cas spécifique de cette région décrite par Serge Sur comme entité régionale complexe et « objet incertain et flottant » prend une tout autre signification lorsque nous l'examinons sous l'angle géopolitique de « sécurité et de cohésion sociétale ».

Le Maroc a un rôle primordial à jouer dans ce domaine. Les liens de l'Afrique méditerranéenne doivent absolument se resserrer, comme préalable à une gestion à bon escient que devrait prolonger un partenariat logique de la *Mare Nostrum*, entre l'Afrique et l'Europe. C'est ainsi seulement

que vous réussirez à transformer en un formidable soutien de développement humain durable une stratégie de coopération d'envergure qui, à son tour, devrait produire un essor à ce formidable continent, objet de tant de convoitise mondiale.

Une approche maghrébine sur l'énergie, l'eau et le savoir est incontournable. Le Maroc et la Tunisie devraient faire un effort particulier pour convaincre leurs voisins de l'importance de procéder à un examen conjoint sur la portée de ces deux secteurs stratégiques sous une optique d'intégration maghrébine. Il faut pour cela prévoir au moins deux outils de politique de développement humain durable : « compétitivité et efficacité sociale » et s'assurer des normes favorisant dans les deux secteurs les « espaces de politiques actives » confortant la base d'une action commune.

Dans le *Mémoire économique* de la Banque mondiale du 14 mars 2006 sur le Maroc, qui s'étend sur les contraintes institutionnelles ainsi que sur la gouvernance et d'autres sujets qui limitent le taux de croissance du pays, Dani Rodrik (2) souligne l'urgence d'une nouvelle stratégie de croissance pour le Maroc. Celle-ci consiste à mener à bien une politique active de diversification productive à l'exportation.

Un aspect crucial, celui de l'énergie, a retenu mon attention en comparant la « feuille de route » du Plan d'Emergence du gouvernement marocain avec ce qui est dit dans le diagnostic réalisé par la Banque mondiale. Celui-ci souligne que le « Maroc se place dans la fourchette du classement mondial et donc n'a pas de contrainte majeure », alors que le Plan soutient : « Un coût d'énergie élevé, de plus de 15 % au-dessus des coûts des concurrents. » C'est un sujet important qui doit être analysé en détail.

Nous approuvons le rôle stratégique que devrait jouer le pays dans un partenariat public-privé. Mais les externalités doivent se poursuivre au tour d'une démarche complexe décrite dans des politiques spécifiques. Il ne s'agit pas d'imposer des choix ou une sélection arbitraire établie a priori, mais de tenir compte du résultat de l'analyse des secteurs compétitifs par rapport aux atouts du pays et aux contraintes internes et externes. Il faut centrer l'effort productif sur une diversification productive dans des secteurs-clefs.

Dans la note sur le secteur de l'énergie qui nous a été distribuée, il est fait état de l'importance de l'énergie dans l'économie marocaine comme facteur de production de biens et services et comme vecteur de développement social et humain. Mais je n'ai pas trouvé de référence au potentiel d'un « cluster » chaîne productive-énergétique pour laquelle il me semble que le Maroc est particulièrement bien placé.

Dans ce contexte, il conviendrait de réaliser un programme complémentaire de Nouvelle géographie économique (3) axée dans un contexte maghrébin qui devrait se pencher sur les

(2) Dani Rodrik, professeur à Harvard, le dit en ces termes : « Grattez la surface des exportations non traditionnelles réussies de n'importe quel pays du monde, et vous verrez que le plus souvent on trouve derrière des politiques industrielles, des recherches publiques de développement, des subsides à l'exportation, des systèmes de préférences tarifaires et tout autre mécanisme d'intervention. »

(3) L'économiste Edgard Moncayo Jimenez dans « Eléments pour une stratégie de développement territorial dans le contexte de l'intégration des pays andins » (SG/RT.CCAAM/dt 4 29.04.05) décrit la Nouvelle géographie économique comme « la croissance de l'économie dans une localisation déterminée qui obéit à une logique d'action circulaire où les rendements d'échelle croissants (en opposition aux rendements décroissants du cadre théorique néo-classique) et les enchaînements en amont et en aval des entreprises conduisent à une agglomération des activités qui se renforcent les unes les autres progressivement. Dans les modèles de la NGE, au contraire de ce qui se passe dans le schéma néo-classique, la croissance des économies avancées peut poursuivre sa dynamique indéfiniment parce que les rendements des investissements en capital (ainsi que l'humain) ne diminuent guère à mesure que le temps passe, suite à la présence des externalités qu'occasionnent les économies d'agglomération. »

aspects normatifs et une coopération maghrébine stratégique. L'application des principes de subsidiarité, ainsi que ceux de complémentarité appuyée par des Fonds structurels, discrétionnaires, pourraient encourager un nouvel essor de la coopération économique maghrébine.

Le plan Emergence propose, par exemple, le secteur automobile comme un atout potentiel pour le Maroc, et ceci n'entre nullement en contradiction avec l'approche que nous suggérons. Mais, je pense plutôt que la région du Maghreb a un rôle certain à jouer pour l'Europe dans le domaine de la « sécurité énergétique », comme l'Europe et les Etats-Unis d'Amérique ont à leur tour des atouts importants pour que la région maghrébine ne soit essentiellement qu'une source fiable d'approvisionnement énergétique dans la transition énergétique.

L'examen de « scénarios » en tant que méthode analytique pour déterminer la feuille de route devra être encouragé par le Maroc dans les trois axes soulignés dans cette intervention. Le guide qui en découlera aura trait à un développement hypothétique, avec des alternatives et des probabilités de différents niveaux, et devra se pencher sur les tendances et sur les avis des experts et fournir les éléments rationnels devant appuyer les décisions ayant trait à un avenir incertain.

Une stratégie énergétique, moteur de développement du Maroc, doit être élaborée pour au moins 30 ans et définie dans un contexte externe (relation avec le reste du monde) et interne (relation dans son contexte régional maghrébin) et prendre en compte plusieurs aspects conflictuel, de coopération ou de codéveloppement :

- Les conflits font partie du fonctionnement normal des marchés (comportement monopolistique, cartels, pratiques prédatrices en tant que causes fréquentes de conflits et de confrontations). A son tour, le libre fonctionnement des marchés se voit contrarié par les jeux de pouvoir.
- La coopération s'élève au-dessus des intérêts à court terme. Elle s'appuie sur l'intérêt commun.
- Le codéveloppement doit être compris comme une étape de coopération de très haut niveau, où l'on prend en considération l'intérêt réciproque en même temps que l'intérêt des tiers défavorisés ; il s'agit bel et bien d'utiliser l'énergie en tant que moteur de l'intégration économique et sociale des peuples.

Dans le contexte maghrébin, la région semble avoir les atouts pour assurer son avenir dans le bassin méditerranéen et particulièrement dans le cadre du bon voisinage de l'Union européenne. Mais cette fois-ci, une conception stratégique de la région sous forme d'optimisation d'atouts pour un développement humain durable devra encourager une coopération à double sens.

Si nous centrons notre regard sur la génération d'électricité, le grand défi dans la transition énergétique en relation avec la sécurité énergétique est d'assurer un kWh soutenable et à bas prix. Ceci est valable aussi bien pour la consommation domestique que pour l'industrie. La France est un point de repère quant au choix porté sur l'énergie nucléaire lors de la crise énergétique de 1973. D'ailleurs, un intérêt pour cette énergie suite au progrès technologique incorporé dans les nouvelles générations doit être sérieusement considéré, surtout dans une vision sous-régionale maghrébine.

Pour ce qui est du transport, dont l'énergie provient essentiellement du pétrole, il va de soi que l'usage de biocarburants, non seulement aura une action positive sur l'effet de serre et sur la pollution, mais aussi offrira des emplois et des débouchés au secteur agricole.

Les pays riches ont eu recours à une énergie bon marché pour leur développement, et suite à la crise énergétique de 1973 utilisée par les producteurs arabes comme moyen de pression

politique, ils ont réagi en forçant une baisse des prix des cours du pétrole avec les conséquences que l'on connaît aujourd'hui. Nous sommes bel et bien dans le fameux pic d'Hubert, et la plupart des pays en développement auront à faire face à des cours de l'énergie bien plus élevés, indépendamment du choix du mix énergétique. C'est pour cela qu'il ne faut pas faire n'importe quel choix de remplacement de source, ni aveuglément recourir au renouvelable, sauf si son application se justifie pleinement pour un objectif précis.

Certes, l'approvisionnement énergétique joue un rôle essentiel dans la réduction de la pauvreté. Mais la priorité doit être d'assurer une stratégie globale et concertée à l'échelle de la planète. Cette stratégie doit nécessairement prendre en considération le caractère limité des ressources naturelles et orienter leur usage en fonction d'objectifs nobles et prioritaires. De nos jours, il n'est guère acceptable que près de deux milliards de personnes n'aient pas accès à une énergie commerciale et, de surcroît, qu'autant de personnes, particulièrement en Afrique, dépendent de l'approvisionnement en biomasse (bois, résidus agricoles et fumier). Cet usage traditionnel aggrave la déforestation et la désertification.

Nous sommes conscients que le Maroc doit s'employer à réduire sa dépendance des importations d'hydrocarbures. Mais plusieurs approches peuvent être considérées. Le pays importe de l'électricité de l'Algérie, mais quelle est la véritable contrepartie ? Comment proposer une option qui profitera à tous les pays de la Communauté maghrébine ?

La marge de manœuvre pour mener à bien une politique nationale sur l'énergie se réduit aussi bien à l'échelle régionale, dans le contexte africain, qu'à l'échelle de l'Europe méditerranéenne. Les connexions internationales et régionales du Maroc permettent des échanges et aboutissent à des économies d'échelle.

Mais, il faut surtout observer les modifications structurelles qui sont en train de s'opérer sur le marché du pétrole et ne pas se faire trop d'illusion sur une solution magique, car les transports sont essentiellement responsables de la croissance de la consommation dans le contexte d'une économie globalisée. D'ailleurs, les contraintes environnementales liées au réchauffement de la planète ont freiné considérablement les investissements dans les raffineries qui produisent les combustibles adaptés aux transports.

D'autre part, ainsi que le signale l'AIE, les découvertes de nouveaux gisements de pétrole et de gaz ont faibli ces dernières années, et l'AIE n'est pas la seule à s'inquiéter sur « l'inadéquation des investissements à réaliser aux bons endroits et aux bons moments ». En fait, l'APEC, EUROSTAT, l'OLADE, l'OPEP, l'IEFS l'ONU, l'AIE plaident en faveur d'une initiative internationale connue sous le nom de JODI (Joint Oil Data Initiative) qui poursuit entre autres l'amélioration de la « transparence » des données sur les réserves.

La vulnérabilité des approvisionnements, les financements énormes en investissements à accomplir ainsi que les services qui permettent de soutenir les niveaux de production sont phénoménaux. En tout et pour tout, dans le secteur énergétique, l'AIE a estimé les besoins, d'ici l'an 2020, à 16 trillions de dollars US, dont environ 6 trillions de dollars US correspondant aux hydrocarbures. Presque toute la production d'énergie primaire supplémentaire d'ici là proviendra des pays non-OCDE, comme le remarque J.M. Chevalier. Tout ceci renforce l'idée que pour éviter une catastrophe, il nous faut poursuivre et approfondir le dialogue initié par le Forum international sur l'énergie. Ce dialogue devrait progressivement aboutir à des critères partagés entre les producteurs, les consommateurs et les opérateurs.

Dans le colloque sur « La prospective énergétique mondiale à 2030 » tenu à Paris en février 2005, le ministre de l'Energie du Royaume du Maroc, M. Mohamed Boutaleb, a tenu des propos

sur la problématique des pays en développement qui s'efforcent, dans la diversité de leurs situations, de remédier à leurs problèmes de sécurité d'approvisionnement énergétique. Il a ensuite émis des doutes sur toute démarche qui puisse déboucher sur des régulations mondiales en la matière.

C'est précisément ce qui est en train de s'opérer, et cela sur plusieurs échiquiers – celui de l'Union européenne ou du GATS à l'OMC sur les services et, par ailleurs, par l'intermédiaire des accords bilatéraux sur les investissements et le libre commerce.

En guise de conclusion, permettez-moi de faire un parallèle avec la guerre et le rôle des militaires dans son déclenchement : on dit que le choix de la guerre est beaucoup trop important pour le laisser aux seuls militaires ! De même, le choix des énergies dans le contexte de transition où nous nous trouvons est trop important pour le laisser aux mains des spécialistes en énergie. Il est nécessaire de mettre sur pied une instance où les responsables du commerce, des finances, de la planification, du développement et des relations internationales seront en mesure de s'engager à poursuivre une approche de convergence et de coopération au plus haut niveau.

L'énergie au Maroc à l'horizon 2030, des défis partagés

Jean-Paul BOUTTES

Directeur de la prospective et des relations internationales d'EDF

Le nouveau paysage énergétique émerge peu à peu. Pour satisfaire une demande en rapide augmentation, toutes les ressources doivent être mobilisées. Cette situation est partagée par tous les pays, et les défis à relever sont les mêmes pour tous. Mais les situations sont différentes : les réponses sont avant tout technologiques, et les conditions propres à chaque pays créent un contexte particulier pour la mise en œuvre la plus efficace de ces réponses et pour l'émergence d'un bouquet énergétique optimal, et, en fin de compte, les ressources économiques et la gouvernance détermineront les choix techniques.

L'émergence chaotique du nouveau paysage énergétique

Le paysage énergétique mondial évolue rapidement sous l'action de plusieurs facteurs, notamment l'évolution de la demande, la mise en œuvre de politiques énergétiques environnementales régionales ou mondiales, les évolutions technologiques et le mode de régulation.

L'augmentation rapide des besoins est aujourd'hui avérée dans le monde entier ; elle résulte principalement du développement économique et de la croissance démographique. C'est ainsi que, sur la période 1995-2020, la demande d'énergie pourrait augmenter de 50 % et celle de l'électricité pourrait doubler.

Trois défis majeurs en résultent

La sécurité d'approvisionnement : les ressources en hydrocarbures sont localisées dans des régions éloignées des lieux de consommation et parfois dans des régions du monde géopolitiquement sensibles ; de plus, ces ressources sont limitées à quelques décennies, et leur prix a augmenté de façon considérable (l'ère du gaz bon marché est révolue) ; la dépendance aux importations et l'impact de prix élevés sur l'économie sont des défis majeurs pour de nombreux pays.

Le changement climatique : le charbon, dont les réserves sont abondantes, est bien réparti ; il reste relativement bon marché, et son utilisation pour la production d'électricité restera massive, avec pour effet des émissions accrues de CO₂ (le secteur électrique émet aujourd'hui environ 40 % des émissions mondiales) et pour conséquence le défi du changement climatique.

La satisfaction de la demande d'électricité nécessite des investissements massifs ; pour renouveler les parcs vieillissants et répondre aux nouveaux besoins, il va falloir construire dans les

30 prochaines années 600 à 700 GW de centrales électriques en Europe, et autant aux Etats-Unis et en Chine ; il s'agit de tirer avantage de cette situation pour faire appel aux technologies les moins émettrices de CO₂.

Les réponses technologiques

Pour relever ces défis, les technologies existantes peuvent être massivement mobilisées, et la recherche-développement laisse entrevoir des percées importantes pour les prochaines décennies.

L'efficacité énergétique peut faire appel à des technologies bien maîtrisées : design architectural, isolation, pompe à chaleur, lampe basse consommation, process industriels optimisés par l'utilisation de l'électricité... Pour ce qui concerne la production d'électricité, la perspective d'un prix élevé du gaz et les risques de tension ont remis le charbon au premier plan ; encore faut-il faire appel aux meilleures technologies disponibles dites « charbon propre » et caractérisées par un rendement bien meilleur donc par une baisse des émissions de CO₂ par kWh, avant que la capture et le stockage du CO₂ ne soient réalisables à l'échelle industrielle, sans doute après 2030. Et, bien entendu, il convient de faire appel aux technologies non émettrices de CO₂ : l'énergie nucléaire et les énergies renouvelables. Les performances des parcs nucléaires en Europe montrent que l'on peut exploiter des centrales de façon sûre et économique, dès lors que certaines conditions sont remplies ; l'hydraulique, l'énergie éolienne et l'énergie solaire sont disponibles, et leur usage peut être largement développé dans le monde, en tenant compte de leur adéquation à la situation spécifique de chaque pays et à leur compétitivité.

Le coût de production de l'électricité selon les technologies

Comme cela a déjà été dit, des investissements considérables doivent être faits dès aujourd'hui et dans les toute prochaines décennies. Ces investissements doivent être faits dans un contexte de ressources financières limitées, où l'énergie est une priorité parmi d'autres tout aussi prégnantes, dans les pays en développement comme dans les pays développés. C'est pourquoi le coût de production selon les technologies est une donnée particulièrement importante du problème : il s'agit non seulement de tenir compte des investissements dans les moyens de production proprement dits, mais aussi d'anticiper sur le prix des combustibles et sur l'impact des externalités environnementales sur le coût du MWh.

Si l'on examine l'évolution du prix des énergies fossiles depuis le changement de siècle, on constate que le prix du pétrole est passé de 10-15 dollars le baril en 1998 à 65-70 dollars le baril aujourd'hui et les anticipations font toutes état d'un pétrole cher dans la durée, plus de 40 dollars le baril ; l'évolution du prix du gaz a suivi celle du prix du pétrole, passant de 2 dollars le Mbtu à 5-6 dollars le Mbtu aujourd'hui et il restera probablement supérieur à 4,5 dollars le Mbtu pendant les prochaines années, voire à plus sur le marché spot ; le prix du charbon a également augmenté de façon significative, s'établissant à environ 50-55 dollars la tonne pour le charbon arrivant dans les ports européens. Il y a pourtant une différence majeure entre le charbon et les hydrocarbures : les réserves d'hydrocarbures se comptent en décennies, et s'ils divergent sur la date du *peak oil* et sur celle du *peak gas* (entre 2010 et 2030 pour le pétrole, entre 2030 et 2050 pour le gaz), tous les experts s'accordent pour dire qu'il faut se préparer à des prix élevés et à des risques de pénurie ; alors que les réserves de charbon

se comptent en siècles et sont beaucoup mieux réparties dans le monde, rendant ainsi beaucoup moins sensible aux tensions internationales que les hydrocarbures.

En ce qui concerne le nucléaire, non seulement les réserves d'uranium naturel au prix actuel sont suffisantes pour exploiter un parc de centrales trois à quatre fois plus important que le parc actuel, mais le coût du combustible est inférieur à 15 % du coût total du nucléaire. De plus, l'uranium naturel est également bien réparti dans le monde. Enfin, l'arrivée des réacteurs de génération 4 au milieu du siècle pourrait permettre de prendre le relais des centrales utilisant les technologies actuelles, multipliant par 50 les ressources.

Enfin, en ce qui concerne les énergies renouvelables, les conditions locales sont particulièrement importantes et discriminantes : ressources hydrauliques, durée annuelle des périodes de vent, ensoleillement...

Dans ces conditions, les estimations de coût du MWh sur la période 2005-2015 sont les suivantes : nucléaire de génération 3 : 42 à 46 €/MWh ; charbon : 40-50 €/MWh ; gaz : 45-55 €/MWh ; hydraulique : 25 à plus de 50 €/MWh selon le site ; éolien : 50-80 €/MWh.

Sur la période 2015-2030 et en tenant compte du prix du CO₂, ces coûts deviennent : charbon : 60-70 €/MWh ; gaz : 55-65 €/MWh ; éolien off-shore : 70-100 €/MWh ; ils sont inchangés pour le nucléaire de génération 3.

Le charbon reste compétitif avec le gaz, même en tenant compte du prix du CO₂.

Derrière les coûts, les conditions du retour à la sérénité

Il va de soi que les conditions dans lesquelles les ressources seront mobilisées et les technologies mises en œuvre sont déterminantes pour relever les défis et répondre aux attentes des populations et des pays. Rien ne serait pire que de ne pas tenir compte des contextes locaux, rien ne serait pire que des contre-performances. C'est pourquoi tous les atouts doivent être réunis, en intégrant les enseignements du passé et en anticipant sur les attentes.

Le cas de l'énergie nucléaire

Les réacteurs de deuxième et de troisième génération sont disponibles et pourraient produire 25 à 30 % de l'électricité dans les prochaines décennies, même si la demande double. Rappelons que l'énergie nucléaire produit aujourd'hui environ un tiers de l'électricité en Europe et 16 % dans le monde. Encore faut-il réunir les conditions du succès.

La comparaison entre centrales nucléaires françaises et centrales nucléaires aux Etats-Unis et au Royaume-Uni montre des écarts de compétitivité très importants. Les performances des parcs d'Europe du Nord ou de France montrent que l'on peut exploiter des centrales de façon sûre et économique. Il y a plusieurs raisons à cela : l'efficacité et la fiabilité du design et de l'organisation industrielle, la standardisation et l'effet de série permettant de maîtriser les coûts et les délais de construction, des procédures d'autorisation et de licence claires et cohérentes donnant de la visibilité aux équipementiers comme aux opérateurs pendant toute la période allant de l'instruction de la procédure d'autorisation jusqu'à la mise en exploitation, une formation exigeante des hommes et une gestion rigoureuse des compétences. Ces conditions ont notamment permis une coopération efficace entre tous les acteurs, permettant de gérer au mieux tous les aspects industriels, ceux de la construction et de l'exploitation des centrales.

C'est d'ailleurs dans cet esprit qu'ont été rédigées les recommandations concernant le nucléaire aux Etats-Unis en 2005, lors de l'adoption de *l'Energy Act*.

C'est parce que cette organisation et ces méthodes de travail sont reconduites que l'on envisage pour l'EPR un coût de 46 €/MWh pour la tête de série et un coût inférieur pour un exemplaire de série bénéficiant des économies d'échelle. Mais il convient de prendre les précautions nécessaires pour éviter erreurs et dérives conduisant à des coûts inacceptables du point de vue de l'opérateur comme de celui de ses clients.

Bien entendu, au moins deux autres conditions de succès doivent être réunies. Non seulement la compétitivité est indispensable, mais avant tout, la sûreté doit être la première priorité ; une autorité de sûreté indépendante dotée des compétences nécessaires doit parfaitement jouer son rôle auprès d'opérateurs ayant eux-mêmes développé et mis en œuvre la culture de la sûreté. Et le débat public avec l'ensemble des parties prenantes est incontournable, à l'image de ce qui a été conduit récemment en France à l'initiative de la Commission nationale de débat public pour l'EPR de Flamanville et pour la gestion des déchets : les échanges d'informations et le dialogue sur les thèmes qui intéressent le public permettent d'enrichir les connaissances et de trouver le chemin de la confiance partagée.

Le cas du thermique à flamme

Deux questions majeures restent ouvertes pour ce qui concerne la production d'électricité avec du charbon et du gaz : la maîtrise des émissions de CO₂ et le coût du combustible. Des réponses apportées dépend le coût du MWh d'origine thermique. Le choix ne peut être fait qu'en tenant compte de plusieurs variables : le rendement des installations avec les meilleures technologies disponibles (il approche aujourd'hui les 50 % pour le charbon et les 60 % pour le gaz), le prix des combustibles (il devrait rester assez élevé pour le gaz, et il est assez prévisible pour le charbon), la valeur du CO₂ dont les quantités émises pour chaque MWh sont en gros deux fois plus importantes pour le charbon que pour le gaz.

La capture stockage du CO₂ est une technologie complexe dont les chaînons sont aujourd'hui bien maîtrisés mais dont le coût reste très élevé : on sait capturer le carbone, on sait le transporter, et on dispose d'une bonne connaissance des nappes aquifères où il serait stocké, mais utiliser cette technique en l'état doublerait le prix de l'électricité produite à partir du charbon ; la réduction de ce coût, suite aux expérimentations en cours, devrait prendre au moins vingt à vingt-cinq ans.

D'ici là, il faudra faire appel aux technologies les plus efficaces et tenir compte du prix du CO₂. Avec un prix de 30 €/t, pour des émissions actuelles de l'ordre de 1 t de CO₂ par MWh charbon et de 450 kg de CO₂ par MWh gaz, le coût de production du MWh charbon augmente d'environ 13 € et celui du MWh gaz d'environ 6 €. Comme il est signalé plus haut, les coûts du MWh charbon et du MWh gaz sont très voisins : il est probable que le choix se fera selon le coût d'approvisionnement en gaz et en charbon en fonction de la distance et des marchés ; chaque pays se trouve donc dans une situation spécifique.

Avec un prix du CO₂ de l'ordre de 12 à 15 € la tonne, le charbon reste compétitif ; mais la tentation de faire appel aux technologies actuellement en développement pour en augmenter encore le rendement, notamment les centrales ultra supercritiques, devient encore plus forte. L'Europe fera sans doute appel à ces évolutions en profitant du renouvellement de son parc de production, tirant ainsi bénéfice de l'effet incitatif qui résulte de la mise en œuvre du

protocole de Kyoto. Et si le Mécanisme de développement propre inscrit dans le protocole reconnaît le caractère éligible des nouvelles technologies charbon, les pays en développement devraient également pouvoir bénéficier de ces avancées.

Le cas des énergies renouvelables

Les solutions techniques existent, que ce soit pour l'hydraulique, pour l'éolien ou pour le solaire, notamment thermique. Mais ce sont typiquement des énergies pour lesquelles on doit tenir compte du pays et des sites : en supposant l'acceptabilité des installations, il convient de savoir si ces énergies doivent faire l'objet de politiques publiques volontaires se traduisant par des subventions ou bien si elles s'intègrent rapidement et naturellement dans un mix énergétique du simple fait de leur coût. Par exemple, pour ce qui concerne l'éolien, il convient de tenir compte du régime et de la durée des vents : par rapport au coût du MWh charbon, le MWh éolien revient une fois et demi plus cher pour une utilisation sur 2 500 heures par an, mais les deux coûts sont très proches pour 4 000 heures par an.

Les conditions du retour à la sérénité existent, et il convient pour chaque pays de faire le choix du meilleur mix électrique possible en fonction de sa situation spécifique : si les défis sont partagés, les solutions diffèrent en fonction des pays.

Atouts et perspectives pour le Maroc à l'horizon 2030

Le Maroc, pays en développement ne disposant pas de ressources fossiles et dont les besoins en énergie augmentent rapidement, doit trouver des réponses adaptées. Et cela d'autant plus que son économie est sensible à la hausse des prix.

Le Maroc est conscient de sa vulnérabilité, mais il possède un atout important : c'est un pays de transit entre l'Afrique et l'Europe et un carrefour d'interconnexions électriques et gazières : gazoduc Maghreb-Europe (GME), interconnexions électriques Maroc-Espagne et Maroc-Algérie. Sa position géographique est ainsi idéale pour une intégration énergétique régionale.

Le Maroc a progressivement fait émerger sa stratégie énergétique : assurer sa sécurité d'approvisionnement tout en limitant sa dépendance. Pour cela, il s'est engagé dans la voie de la fourniture d'énergie au moindre coût : il s'agit de maîtriser la demande, de diversifier les sources d'approvisionnement, tout en développant l'accès à l'énergie des habitants des zones rurales et périurbaines. Les réformes institutionnelles nécessaires ont été réalisées : ouverture à la production indépendante, mise en place à partir des premières réalisations des conditions de réussite pour favoriser les investissements en cycles combinés gaz et en fermes éoliennes.

L'électricité aujourd'hui...

Pour ce qui concerne l'électricité, le mix marocain, pour une puissance électrique installée de près de 5 200 MW en 2006, est le suivant :

- 1/3 en hydroélectricité : 1 500 MW et 26 usines hydroélectriques dont la STEP d'Afourer ; et près de 80 % du potentiel national étant déjà équipé, la capacité de développement est désormais limitée ;

- *2/3 en centrales thermiques* : 3573 MW, avec pour combustibles le fuel (Mohammedia et Kénitra), le gaz (centrale à cycle combiné de Tahaddart), et à charbon importé (Jorf Lasfar, Mohammedia), car la mine de charbon national de Jerrada vient d'être fermée ; en termes d'énergie, la centrale thermique à charbon de Jorf Lasfar (production indépendante ou « concessionnelle ») fonctionne en base et représente aujourd'hui une partie importante de l'électricité produite au Maroc ;
- le bouclage est assuré, si besoin est, par les interconnexions électriques avec l'Espagne et l'Algérie.

... et demain

Avec le développement économique et démographique et la progression de l'électrification rurale, la consommation électrique du Maroc croît à un rythme de 6 à 7 % par an. Il faut donc, dans les vingt ans à venir, prévoir des investissements massifs, des milliers de MW d'investissement, l'équivalent d'une nouvelle tranche à cycle combiné tous les deux ans.

Il y a plusieurs projets d'investissement en production d'électricité en portefeuille au Maroc : la centrale thermos-solaire de Ain Beni Mathar, la centrale à cycle combiné gaz d'Al Wahda, la deuxième tranche de la centrale à cycle combinée de Tahaddart, une nouvelle centrale à charbon ...

En énergies renouvelables, le gisement potentiel du Maroc, pays de soleil et de vent, est très important. En éolien, le gisement potentiel est estimé supérieur à 6 000 MW le long d'un littoral bien venté, pouvant permettre un fonctionnement sur près de 4 000 heures par an comme à Koudia Al Baïda. En solaire, le gisement est de 5 kWh/m²/j, il pourra être utilisé pour l'électrification rurale loin du réseau. Ce potentiel est d'ores et déjà mobilisé : le Maroc développe des projets éoliens à Essaouira et Tanger, projets toutefois encore chers pour le pays ; de plus, il convient de noter la contribution de ces investissements en énergie éolienne à la limitation des émissions de gaz à effet de serre, dans des conditions économiques favorables du fait de la durée de fonctionnement importante : il est logique de construire des éoliennes en priorité là où le vent souffle une bonne partie de l'année, comme au Maroc ! Des montages institutionnels et financiers, tel le Mécanisme de développement propre inscrit dans le protocole de Kyoto, doivent être mobilisés pour construire des éoliennes et produire ainsi de « l'électricité verte » moins coûteuse et donc plus compétitive.

Le gaz naturel tient une place importante au Maroc. Du fait de l'augmentation importante et durable du prix du gaz, les centrales à cycle combiné gaz, bien que performantes en rendement, ne sont plus la technologie miracle. Jusqu'à présent, pour la centrale de Tahaddart, on utilise le gaz de redevance de 7,5 % du gaz transitant dans le gazoduc GME. Pour assurer la sécurité de l'approvisionnement, le pragmatisme conduit, bien entendu, à une coopération régionale dans la durée.

En ce qui concerne **le charbon**, ressource abondante et bien répartie dans le monde, l'emploi des meilleures technologies disponibles lui confère une place de choix dans tout scénario dès lors que les conditions sont remplies pour justement faire appel aux meilleures technologies dites « charbon propre ».

Le nucléaire est une autre option à moyen terme. Il permettrait une diversification des sources d'approvisionnement pour répondre à la croissance de la demande d'énergie, et il comporte une dimension forte liée au dessalement de l'eau, essentielle pour le développement. Le nucléaire

au Maroc se situerait à l'échéance 2025-2030, en raison de la taille minimale des unités et pour s'intégrer à un système électrique marocain de taille suffisante. Mais il doit se préparer dès maintenant (partenariats, formation, R&D).

Conclusion

L'avenir énergétique du Maroc doit être préparé de façon pragmatique et volontaire. Les enseignements tirés notamment des pays européens sont là pour contribuer à identifier les meilleures technologies adaptées à la spécificité de la situation marocaine et pour choisir les meilleurs leviers d'action. L'intégration régionale et le partenariat représentent sans aucun doute des avantages pour l'économie du système ; par conséquent, la dimension institutionnelle et le choix des meilleurs principes de gouvernance sont aussi des champs de réflexion importants, au demeurant déjà ouverts et en voie d'approfondissement.

Enjeux et stratégie énergétique pour le Maroc de demain

Abdelali BENCHEKROUN

Secrétaire général de l'APMTT

Enjeux et objectifs

Le Maroc est un pays non encore producteur de ressources énergétiques, sa consommation est relativement faible mais en constante progression (0,4 % Tep/hab). Totalemment dépendant de l'extérieur, le Maroc importe 95 % de ses besoins en la matière. La facture énergétique pèse lourdement sur les équilibres économiques et financiers du pays. Elle est évaluée à 4,5 milliards de dollars en 2005 (contre 3 milliards de dollars en 2004) et représente 5 % du PIB, 13,5 % des importations totales et 26 % des recettes d'exportation. La charge pour la Caisse de compensation est de l'ordre de 7 milliards de dirhams en 2005 contre 3,5 milliards de dirhams en 2004.

L'énergie est à 65 % un facteur de production de biens et services et est considérée comme un vecteur de développement économique, d'où la nécessité d'avoir une énergie compétitive et de rationaliser la consommation énergétique, sachant que le potentiel d'économies d'énergie est évalué à au moins 15 % de la consommation globale.

L'énergie est également un vecteur de développement social, 35 % étant destinée à la consommation finale des ménages.

- Dans le cadre du programme d'électrification rurale globale (PERG), le Maroc a réalisé un taux d'électrification de 20 % en 1995. Ce taux a atteint 81 % en 2005, et sa généralisation est prévue en 2007. Le financement de ce programme est assuré essentiellement par un système participatif, engageant l'ONE, les collectivités locales et les bénéficiaires.
- Le développement de l'utilisation des GPL contribue à la préservation de la forêt. Il s'agit de 31 centres emplisseurs (capacité 1,2 MT), 30 millions de bouteilles en circulation et une importante infrastructure réception/stockage (SOMAS), etc.

Au niveau national, la part du pétrole dans le bilan énergétique est passée de 95 % durant les années 70 à 60 % en 2005. Pour le charbon, cette part a évolué de 8 % en 1980 à 32 % en 2005. L'hydroélectricité est importante en termes de puissance installée, mais elle reste soumise aux aléas climatiques (2,5 % de l'énergie primaire en 2005).

Au niveau international, trois mesures sont envisageables pour un pays importateur d'énergie comme le Maroc. Il s'agit de la diversification des origines d'importation, du relèvement des niveaux des stocks stratégiques et de la garantie de la sûreté des installations et de la qualité des produits. Il faut également développer les ressources locales, notamment à travers l'exploration pétrolière qui peut modifier de manière significative le paysage énergétique marocain et par le développement des ressources renouvelables, en particulier la petite hydraulique, la biomasse, les énergies solaire et éolienne, etc.

Stratégie et planification

La stratégie et la planification énergétiques requièrent :

- une cohérence du système énergétique dans son ensemble;
- un développement de l'observation et de la prospective énergétique ;
- des choix stratégiques et une programmation.

La cohérence du système énergétique dans son ensemble englobe l'adaptation de l'offre et de la demande dans une vision à long terme, la garantie du service public et les options de substitution et ou de complémentarité entre énergies. Ces options devraient permettre la compatibilité du modèle énergétique avec les choix fondamentaux de la société marocaine à travers la décentralisation, l'aménagement du territoire, le développement rural, la participation des citoyens et l'implication des collectivités locales dans les débats et les choix énergétiques.

Tout cela reste tributaire d'un meilleur fonctionnement de l'observation et de la prospective énergétique, reposant essentiellement sur la disponibilité d'un système d'information fiable contenant les bilans et les factures énergétiques, les indicateurs pertinents par secteur, par usage et par région, en plus de données sur les infrastructures et les équipements de production et de desserte. Ce système permettrait, sur la base d'une modélisation, des analyses, des prévisions et des études d'impact.

Les modèles à développer doivent accorder une place prépondérante à la gestion de la demande énergétique, la politique énergétique marocaine étant beaucoup plus axée sur l'offre énergétique que sur la demande.

La prévision de la demande requiert l'étude de scénarios tenant compte de la sensibilité aux paramètres macro-économiques globaux, des élasticités et des perspectives de développement des secteurs gros consommateurs.

La gestion de l'offre concerne la disponibilité et la possibilité de mobilisation des ressources énergétiques, ce qui est lié aux prix internationaux, à la tarification et la fiscalité intérieures et aux technologies. Celles-ci appellent à une veille sur le développement des filières énergétiques, l'évolution des rendements et des coûts, l'identification des opportunités de substitution entre énergies, la capacité d'innovation et d'adaptation, l'influence des nouvelles technologies sur l'équilibre entre combustibles à long terme, et les utilisations respectueuses de l'environnement. Aussi le contexte régional ne doit-il pas être ignoré (informations sur les pays voisins et les flux d'énergie dans la région euro-méditerranéenne, l'ouverture des marchés, la boucle électrique méditerranéenne, les flux gaziers, etc.).

L'observatoire permettrait, moyennant le tableau entrées-sorties, des études d'impact sur l'économie, notamment les implications socio-économiques des programmes entrepris (électrification rurale, GPL et énergies renouvelables), les impacts des systèmes énergétiques sur l'environnement et d'autres études d'impact relatives aux législations extérieures (directives européenne de l'électricité et du gaz, accession du Maroc au traité de la charte européenne de l'énergie, ouverture des marchés). Tout cela constitue la matière première de base pour faire les choix stratégiques. D'autres outils précis seraient nécessaires pour opérer des choix rationnels et en particulier pour examiner les possibilités de complémentarité et d'arbitrage entre les différentes filières.

Ces choix devraient se décliner en portefeuille de projets et en programmes d'investissements, tout en assurant une coordination efficace entre les pouvoirs publics et le secteur privé pour

garantir que l'ensemble des investissements sera réalisé à temps. Vu l'ampleur des investissements estimés à plus de 10 milliards de dirhams par an, tout décalage dans le temps peut se traduire par des délestages ou des ruptures d'approvisionnement qui peuvent être coûteux pour notre pays. Il s'agit en fait d'installations pétrolières, de centrales et de réseaux électriques, d'infrastructures gazières et de systèmes d'utilisation d'énergies renouvelables. Ce sont là les fondements qui doivent accompagner et guider notre stratégie énergétique. Devant cette situation, quelles cartes détenons-nous?

Atouts et opportunités

Bien que le Maroc ne soit pas un pays producteur, il a engagé beaucoup de réformes. Le processus de libéralisation énergétique a commencé il y a une dizaine d'années, avant celui des secteurs des ports et des télécommunications. La libéralisation est axée en priorité sur la restructuration et la régulation des secteurs électrique et pétrolier et sur l'émergence d'une industrie gazière.

Le deuxième atout est la crédibilité du secteur qui a permis de mener avec succès la réalisation de grands chantiers, de faire preuve d'innovations dans la négociation et la mise en place d'outils de financement et de faciliter le lancement des nouveaux projets et programmes à moyen et long terme. Avec la mise en place d'outils juridiques et de multiples incitations financières, mais également en raison des réformes « spécifiques » engagées dans le secteur, les projets énergétiques marocains ont pu donc trouver les financements appropriés sans recours au budget de l'Etat.

La position géographique constitue également un atout pour le Maroc, dans la mesure où elle lui facilite la réalisation d'interconnexions électriques et gazières, de projets structurants qui favorisent le développement des échanges et la construction, à terme, d'un marché régional intégré, permettant d'optimiser les investissements et de mieux sécuriser l'approvisionnement. Les actions réalisées dans ce sens concernent particulièrement le relèvement de la capacité du GME, le doublement de l'interconnexion électrique Maroc-Espagne et le renforcement de l'interconnexion Maroc-Algérie par une 3^e ligne de 400 kV, le développement des échanges et transits énergétiques et la construction d'un marché régional intégré.

Les ressources potentielles dans un contexte de progrès technologiques rapides présentent également un atout. Les travaux de recherche dans ce domaine ont permis de constater qu'il y a disponibilité d'un gisement important en énergies renouvelables (solaire, éolien, biomasse et hydraulique) :

- solaire : plus de 3000 heures par an et environ 5 kWh/m² par jour ;
- éolien : plus de 6000 MW ; plus de 3500 kilomètres de côtes ; des sites ventés 6 à 11 m/s ;
- biomasse : environ 5 millions d'hectares de forêts, de grands gisements de déchets et résidus pour le bio gaz ;
- hydraulique (MCH) : plus de 200 sites exploitables.

Les projets de grandes envergures lancés ces dernières années auront certainement un impact direct sur la consommation d'énergie et donc sur le profil énergétique du Maroc. Il s'agit notamment des infrastructures modernes et des programmes de développement sectoriels tels que la construction du complexe du Tanger-Med, le programme de construction d'autoroutes, le plan « Azur » pour le tourisme, la nouvelle politique de développement en logement et le programme « Emergence » pour l'industrie.

Les compétences humaines avérées constituent un autre atout pour le Maroc. C'est dans ce cadre que la capitalisation de l'expertise acquise lors de la réalisation des différents projets et réformes a permis de « tirer vers le haut » les compétences humaines et le professionnalisme des opérateurs du secteur.

Quelques recommandations

Grâce à l'ensemble de ces atouts ainsi qu'aux opportunités qu'offrent les mutations du secteur énergétique dans le monde, les objectifs ultimes pour le Maroc, malgré les défis énormes à relever pour y parvenir sont les suivants :

- La mise en œuvre d'une politique des prix doit être claire (vérité des prix, avec si nécessaire des incitations, des exonérations, des aides spécifiques et ciblées plutôt qu'une subvention générale, alignement des tarifs de l'électricité sur ceux des pays européens voisins) et cohérente afin d'assurer une visibilité dans le temps pour les opérateurs économiques et découlant d'une vision économique globale et non seulement budgétaire à moyen et long termes. L'énergie doit être un catalyseur de développement plutôt qu'une pompe fiscale.
- La consécration de la « maîtrise de l'énergie » doit être un axe essentiel de la politique énergétique. Il y a un « gisement d'économie » important grâce au développement socio-économique engendré par les programmes d'infrastructures générales (électrification, routes, ports, industrie, tourisme) et qu'il faudrait exploiter, notamment par la rationalisation des consommations dans l'industrie, l'agriculture, le bâtiment et le transport. Pour ce dernier secteur, par exemple, il serait judicieux de le réorienter vers les modes à moindre coût social tels le rail ou le cabotage et les transports collectifs, etc. Cette politique qui doit impliquer tous les acteurs (citoyens, diverses professions, collectivités locales) devrait être basée sur une bonne articulation entre tarification (signal économique), sensibilisation et incitations (réglementaires et fiscales).
- La promotion « effective » d'une plus large utilisation du gaz naturel pourrait présenter de nombreux avantages comparatifs en termes d'énergie propre, de rendements favorables, de technologies performantes (la part du G.N. atteindra 30 % du bilan énergétique mondial en 2030, la contribution à la production d'électricité, de l'ordre de 4 300 TWH à cette date, passerait à 34 %, contre 17 % en 2002). D'où la nécessité d'accélérer la réalisation des infrastructures nécessaires à son utilisation et à sa commercialisation (la consommation de gaz prévue pour 2020 au Maroc est de l'ordre de 5,1 milliards de m³ avec une contribution de 40 % à la production d'électricité, soit 23 % du mix énergétique global). Il est à noter que l'étude de faisabilité d'un terminal sur la côte atlantique est en cours, dont les investissements en infrastructures sont estimés à 650 millions de dollars US.
- La nécessité d'adopter une politique « volontariste » de valorisation des ressources en énergies renouvelables, par la consolidation des projets et des expériences acquises, en vue de leur contribution à hauteur des « gisements » disponibles, dans le cadre de la dynamique de développement durable du pays, l'accélération de leur montée en puissance en complémentarité avec les filières traditionnelles, la dynamisation de l'investissement privé et la mise en place d'un cadre légal et réglementaire incitatif approprié.
- La nécessité d'une vision stratégique d'intégration régionale visant le renforcement des dispositions et des réformes favorables aux opportunités d'intégration régionale en termes de complémentarité des parcs et réseaux, d'optimisation des investissements et de

sécurisation des approvisionnements. L'activation du processus de libéralisation du marché de l'électricité et l'alignement des tarifs sur ceux des pays européens voisins sont parmi les priorités de cette vision.

Conclusion

En guise de conclusion, je dirai que l'énergie devrait constituer un véritable levier d'élévation du niveau de vie des citoyens et un facteur de rapprochement et de paix dans notre région, et ce, malgré les risques et les grandes incertitudes qui caractérisent le nouveau système énergétique mondial.

Pour illustrer cela, je rappelle l'exercice de planification intégrée mené avec les acteurs énergétiques de la région : Algérie, Tunisie et Maroc, avec la reconstitution de comptes sectoriels et la ventilation de la consommation par secteur. A l'époque, l'horizon était 2020, et il y avait une comparaison entre deux scénarios : planification séparée des pays et planification intégrée à l'échelle des pays. A l'intérieur de ces scénarios, il y avait deux sous-scénarios : le « fil de l'eau », qui laisse faire le marché, et la « maîtrise de l'énergie », avec des hypothèses sur l'évolution démographique et la croissance économique.

A l'époque, les conclusions tirées de cet exercice étaient que la consommation finale d'énergie du Maghreb passerait, entre 1990 et 2020, de 30 à 116 Mtep dans le scénario « fil de l'eau » et à 86 Mtep dans le scénario « maîtrise de l'énergie », soit un gain d'efficacité de 30 Mtep. Selon ce scénario, la consommation d'énergie par habitant passerait de 0,46 tep en 1990 à une fourchette de 0,8 à 1,1 tep en 2020, niveau assez voisin de celui du Portugal en 1990, pour un PIB par habitant similaire.

Une voie nucléaire pour le Maroc

Alain VALLEE

*Directeur adjoint, direction de l'Energie nucléaire,
Commissariat à l'énergie atomique (CEA)*

Tout pays menant une réflexion stratégique sur le choix de ses moyens de production d'électricité pour les quelques décennies à venir examine les différentes sources potentielles à travers une analyse multicritère, prenant en compte notamment :

- le coût de production et les ressources financières nécessaires ;
- les risques pour les biens et les personnes, et leurs conséquences financières ;
- la sécurité d'approvisionnement et de production ;
- les conséquences environnementales et climatiques.

L'énergie nucléaire se trouve toujours en bonne place dans ce type d'analyse, car elle présente :

- un coût de production compétitif et surtout stable car peu sensible au cours des matières premières, à l'opposé des énergies fossiles, permettant une visibilité à long terme du développement industriel du pays ;

- une capacité de production d'électricité de masse sans émission de gaz à effet de serre ; et en cela elle est unique entre toutes les énergies renouvelables ou fossiles ;
- des technologies matures qui assurent aujourd'hui 17 % de la production d'électricité mondiale.

Le coût des principaux moyens de production d'électricité (charbon, gaz, nucléaire, hydraulique, éolien, solaire) est extrêmement dépendant des conditions locales : existence de la ressource primaire et des infrastructures nécessaires dans le pays, moyens d'accès, tissu industriel et présence de compétences. Même si, sur les coûts, des tendances globales se dessinent dans les publications internationales, les variantes régionales peuvent modifier profondément les résultats : c'est évident pour les énergies renouvelables, selon l'intensité de la ressource, mais cela l'est aussi pour le gaz, le charbon et le nucléaire, comme il est montré dans un rapport commun de l'Agence internationale de l'énergie et de l'OCDE-AEN, édité en 2005.

*« Some comparative electricity generating cost projection for year 2010 »
US 2003 cents/kWh, Discount rate 5 %, 40 year life time, 85 % load factor.*

Pays	Nuclear	Coal	Gas
Finland	2.76	3.64	—
France	2.54	3.33	3.92
Germany	2.86	3.52	4.90
Switzerland	2.88	—	4.36
Netherlands	3.58	—	6.04
Czech Rep	2.30	2.94	4.97

Pays	Nuclear	Coal	Gas
Slovakia	3.13	4.78	5.59
Romania	3.06	4.55	—
Japan	4.80	4.95	5.21
Korea	2.34	2.16	4.65
USA	3.01	2.71	4.67
Canada	2.60	3.11	4.00

Source : OCDE/IEA 2005.

Cette étude porte sur le coût de production, limité à la vision de l'opérateur électrique ; il n'inclut donc pas le coût des externalités (émission de gaz à effet de serre, impact sur la santé) ni les investissements annexes (formation, organisation et infrastructures nécessaires), dépenses qu'il convient de considérer dans une analyse économique étendue au niveau d'un pays.

Si on prend en compte les externalités (voir l'étude de la Commission européenne, éditée en 2001, « Externe »), l'avantage économique du nucléaire par rapport aux énergies fossiles, déjà fortement apparent dans le tableau ci-dessus, se creuse, car le gaz et le charbon seront pénalisés par le prix des émissions de CO₂.

Par contre, il est clair que les investissements annexes pour un pays comme le Maroc doivent être étudiés avec beaucoup d'attention. Citons, pêle-mêle, dans le cas du nucléaire :

- la nécessité de développer un tissu industriel d'entreprises, pour contribuer à la construction et à l'exploitation d'installations nucléaires ayant intégré les méthodes, normes et standards spécifiques à cette énergie ;
- la mise en place d'organisations dédiées à la gestion et au stockage de déchets nucléaires, quels que soit leur niveau d'activité et leur durée de vie ;
- la mise en opération d'un réseau robuste et d'une puissance installée non nucléaire suffisante (au moins un facteur 10 par rapport à la puissance du réacteur), sachant que les réacteurs nucléaires disponibles aujourd'hui sur le marché présentent des niveaux de puissance significatif d'au moins quelques centaines de mégawatts.

Cette analyse économique doit être bien sûr prolongée par des *analyses de quantification des incertitudes* au travers d'études de scénarios sur quelques paramètres exogènes majeurs (prix des matières premières, disponibilité des capitaux, intérêts intercalaires, délais de réalisation...).

L'économie n'est cependant pas le seul critère dans le choix du nucléaire. En prenant la décision de s'y engager, il faut être attentif à un certain nombre de faits qui, étant donné *les risques* spécifiques, doivent être traités avec attention et bien maîtrisés.

D'abord, les risques financiers, car un réacteur nucléaire requiert des investissements initiaux importants – inférieurs à ceux appelés par les énergies renouvelables, mais supérieurs à ceux du gaz et du charbon. Une solide ingénierie financière, garantissant la présence des capitaux aux moments nécessaires, doit être mise en place avec, de préférence, des partenaires ayant une bonne expérience de ce type de projet.

Ensuite, il faut garantir la sécurité des biens et des personnes par une réglementation, une surveillance et un contrôle effectifs. Le pouvoir, la compétence et l'indépendance de l'Autorité de la sûreté nucléaire sont le point-clé pour atteindre cet objectif.

Cependant, le recours à cette énergie, pour un pays neuf à cette technologie, demande une démarche de préparation qui ne peut se faire que dans la durée, à savoir :

- la formation et la qualification de techniciens et d'ingénieurs ;
- la mise en place d'une autorité de sûreté réellement indépendante ;
- l'organisation du réseau électrique de distribution.

Le Maroc a choisi cette approche et dispose déjà de compétences et d'infrastructures qui permettent d'envisager dans un avenir relativement proche la construction d'un réacteur commercial.

L'offre disponible, au niveau mondial, est aujourd'hui principalement constituée de réacteurs de forte puissance dédiés à la production d'électricité. Des offres complémentaires sont en

cours de développement, mieux adaptées à des réseaux comme celui du Maroc et permettant des productions duales, l'électricité et la chaleur qui peut être utilisée pour purifier l'eau de mer ou pour des usages industriels. Le choix de solutions éprouvées et le soutien de partenaires expérimentés seront déterminants dans la réussite de cette première étape.

Le Royaume du Maroc est engagé depuis de nombreuses années dans une démarche de montée en compétence : des scientifiques et des ingénieurs, spécialistes du nucléaire, formés uniquement dans un premier temps à l'étranger, peuvent maintenant suivre un cursus dans cette spécialité au Maroc. Le Centre d'études nucléaires de la Maâmora devrait dans les prochains mois voir la divergence d'un réacteur de recherche, qui permettra de plus la production d'isotopes destinés à un usage médical.

Si les études stratégiques dirigées par le Haut Commissariat au Plan concluent à l'intérêt de maintenir ouverte cette voie, alors l'étape suivante, la commande d'un réacteur électrogène, pourra être franchie lorsque la demande électrique sera suffisante pour permettre l'implantation d'un réacteur nucléaire d'une puissance de 600 à 1 000 MW sur le réseau.

Le choix du réacteur sera déterminant ; il devra être de technologie éprouvée, afin d'éviter de cumuler les risques inhérents à une première réalisation (tenue des délais et des coûts) et ceux d'une conception non stabilisée. La sûreté est la garantie d'une exploitation sûre et fiable ; toutes les études ont montré que les réacteurs présentant de bons résultats dans le domaine de la sûreté présentent les meilleures performances économiques dans la phase de réalisation et dans celle de l'exploitation. En effet, la sûreté impose deux vertus majeures, garantes de bonnes performances : la transparence et l'acceptation des contrôles, qui ne sont pas toujours naturelles dans nos sociétés humaines et qui demandent une motivation sans relâche des individus.

Le nucléaire est une industrie de haute technologie présentant certains risques connus et identifiés. Il est donc exigeant en compétence, en savoir faire et en maîtrise organisationnelle. La réussite d'une implantation de réacteur nécessite une volonté politique maintenue dans la durée, des partenariats étroits avec l'AIEA, avec des pays ayant une grande expérience des réacteurs nucléaires, comme la France, et avec des firmes industrielles fortement impliquées dans la réussite du projet. Le succès est à ce prix, avec en prime un renforcement de la compétence du tissu industriel du pays dans des technologies de pointe.

Quel nucléaire pour le Maroc et quelle coopération avec les pays maîtrisant le domaine ?

Oum Keltoum BOUHLAL

Professeur à l'ENIM

Résumé

Pour un pays tel que le Maroc, en marge du problème lié à la taille limitée du marché électrique et du réseau d'interconnexion associé, la voie vers l'électronucléaire se heurte à des défis majeurs qui exigent d'adopter très tôt une approche d'étude différente de l'analyse habituelle des interactions offre-demande. L'introduction de l'électronucléaire impose de développer une coopération multidimensionnelle avec l'AIEA, les pays exportateurs de la technologie nucléaire, et les pays en développement de taille comparable à celle du Maroc et qui ont une expérience en matière de développement et d'utilisation pacifique de l'énergie nucléaire sans forcément en maîtriser la technologie.

Les programmes de coopération doivent intégrer le transfert de connaissance et de savoir-faire sur l'étude et le fonctionnement des nouveaux modèles de réacteur de troisième et quatrième générations, qui couvrent une large gamme de puissances et qui présentent un coût plus compétitif et de meilleures conditions de sûreté.

Ces programmes devront identifier les seuils de consommation à partir desquels l'énergie nucléaire devient rentable et déterminer les technologies les plus adéquates pour accompagner, en termes d'investissement, les profils de la demande, compte tenu du niveau de développement de la production et de l'accès aux sources alternatives.

Cette perspective permettra en outre de faciliter la préparation des outils d'accompagnement d'ordre réglementaire en s'inspirant des meilleurs standards internationaux et de promouvoir la construction d'un programme national d'utilisation pacifique de l'énergie nucléaire dans lequel l'alternative électronucléaire pourra constituer une solution durable remplissant de manière satisfaisante les conditions de rentabilité économique et de sûreté des installations.

1. L'énergie nucléaire : une place de choix dans les débats d'aujourd'hui

Le débat sur l'énergie comprend plusieurs facettes dont le lien n'apparaît pas toujours clairement.

Les prévisions des experts établissent que la demande mondiale d'énergie devra doubler d'ici 2050 et sera encore plus forte pour l'électricité. Le besoin de définir des choix énergétiques et électriques durables suscite un intérêt croissant, notamment en raison de l'intérêt porté à la réduction des incertitudes sur ces prévisions et de la perception des risques et des nuisances engendrés par les différentes formes d'énergie.

L'énergie nucléaire est utilisée depuis plus de 50 ans pour produire de l'électricité ; elle assure aujourd'hui près de 17 % de la production d'électricité dans le monde et 23 % dans les pays de l'OCDE. Au cours de son histoire, elle a suscité des réactions contradictoires, engouement puis désaffection, et aujourd'hui elle est de nouveau sur la scène : plusieurs pays ont pris conscience du probable épuisement des ressources fossiles, du vieillissement de leurs équipements conjugué à la croissance de leur demande énergétique et du risque climatique lié aux émissions de gaz à effet de serre. Tous ces faits pourraient restaurer la confiance des sociétés contemporaines à l'égard du nucléaire.

2. L'option électronucléaire : évolution et perspectives

Si l'on se penche sur l'expérience de pays avancés dans ce domaine, on s'aperçoit que l'option électronucléaire a de grandes chances de continuer à se développer, mais probablement à des degrés différents, car la technologie nucléaire est une innovation caractérisée par la taille importante de ses équipements, la longue durée de leur construction, les retours d'expérience nécessaires, l'importance des capitaux à mobiliser, tout cela en parallèle à la mise en place d'un appareil réglementaire conséquent pour garantir les conditions de sûreté propres au nucléaire.

Aujourd'hui le nucléaire est repositionné en termes d'alternative durable moyennant une rentabilité économique, une sûreté accrue des installations et la recherche de solutions acceptables au problème des déchets radioactifs.

Au Maroc, le fort taux de la croissance annuelle de la demande en électricité, entre 6 et 8 %, et l'absence de ressources fossiles ont amené à examiner l'introduction de l'option électronucléaire pour répondre aux besoins du futur ; les scénarios électriques nationaux prévoient en effet d'introduire des unités de production thermique de puissance supérieure à 600 MWe à l'horizon 2015, ce qui offre une ouverture à l'option électronucléaire.

Les unités électronucléaires actuellement commercialisées dans le monde sont peu adaptées aux besoins du pays en raison de leur puissance, alors que certains modèles de réacteurs de taille intermédiaire peuvent présenter un intérêt.

Aujourd'hui, plusieurs programmes de R&D sont menés au plan international sur une série de modèles de réacteur présentant un large éventail de puissances pour répondre aux demandes spécifiques, un coût plus compétitif et de meilleures garanties de sûreté. La participation du Maroc aux travaux portant sur ces modèles de réacteur dits de troisième et quatrième générations pourra lui permettre de mieux se positionner devant les décisions de politique énergétique et les choix à long terme.

3. Le déploiement de la technologie nucléaire dans les pays industrialisés

Le tableau suivant regroupe les principales filières des réacteurs en service en 2004 : PWR, BWR, PHWR, GCR, LWGR.

Ce sont les réacteurs à eau ordinaire dits de 2^e génération qui ont été le plus diffusés dans le monde et qui ont bénéficié d'un bon retour d'expérience ; toutefois, bien que le retraitement et le stockage des déchets aient connu beaucoup de progrès, le problème des déchets de longue vie n'a pas été résolu.

Pour les filières à graphite gaz et à eau lourde, les expériences antérieures en Europe ont facilité l'acquisition et la maîtrise des filières à eau ordinaire d'origine américaine dès les années 60 ;

le Canada a maintenu sa spécificité technologique des réacteurs à eau lourde CANDU, même si cette technologie exigea un savoir-faire supplémentaire lié à la fabrication de l'eau lourde.

Réacteurs en service dans le monde

Pays	Nombre d'unités	Puissance totale (MWe)
Etats-Unis	104	98
France	59	63
Japon	53	44
Russie	30	21
Royaume-Uni	27	12
Corée du Sud	19	16
Allemagne	18	21
Canada	16	11
Ukraine	13	11
Autres (22)	100	64
Total	439	361

De nouveaux modèles de réacteurs de type avancé, de 3^e et de 4^e générations ont bénéficié de ces antécédents pour une conception plus sûre et plus économique que celle de leurs prédécesseurs de 1^{re} et de 2^e génération ; les développements actuels portent sur une large gamme de puissances :

- les réacteurs de génération 3 refroidis à l'eau ordinaire ou lourde: la maturité atteinte par les réacteurs de 2^e génération a conduit au développement de modèles de grande puissance de 1 500 MW ; les modèles franco-allemand EPR ou américano-japonais ABWR bénéficient ainsi de toute l'expérience de la 2^e génération, en particulier le renforcement de la sûreté et la limite du risque d'accidents graves ;
- les réacteurs de génération 4, actuellement au stade d'étude et dont la maturité technique se situe aux alentours de 2030 : deux catégories de réacteur sont étudiées pour constituer des solutions techniques efficaces et acceptables pour le très long terme : les réacteurs rapides qui permettent de valoriser tout le potentiel énergétique du combustible et donc de minimiser les déchets, et les réacteurs refroidis au gaz qui permettent d'atteindre des rendements thermiques très élevés et qui seront destinés à des applications autres que la production d'électricité : production d'hydrogène, dessalement de l'eau de mer, production de chaleur à usage industriel.

4. La projection de la demande d'énergie électrique au Maroc en vue de valider des choix stratégiques d'investissement

Dans le cadre d'une réflexion prospective sur la place potentielle des différentes sources d'énergie électrique à l'horizon 2020-2030 au Maroc, nous avons développé une étude de simulation de scénarios d'équilibre offre-demande d'énergie électrique. Ces scénarios de référence qui ont pour but de montrer les difficultés d'ordre technique, économique, environnemental et social des sources d'énergie électrique en compétition : charbon, gaz naturel, nucléaire et l'énergie éolienne, sachant par ailleurs que cette dernière ne peut pas remplacer les énergies fossiles ou le nucléaire.

L'étude vise également à se doter d'un instrument de réflexion et d'analyse utile au travail de prospective énergétique, capable de guider les choix d'investissement impliquant le moyen et le long terme ; elle s'appuie, entre autres, sur la démarche classique suivante :

- A partir de l'évolution historique, sur les 30 à 50 dernières années, des demandes respectives en puissance et en énergie électrique appelée, on étudie le terme temporel au-delà duquel ces demandes exigent des choix stratégiques de sources d'énergie garantissant les conditions majeures de sécurité d'approvisionnement et de coût optimal ; les figures 1 et 2 reproduisent deux hypothèses de base au niveau de la demande :
 - une évolution tendancielle de chaque type de demande établie à partir de l'historique ;
 - un décollage : à partir de l'expérience de décollage observée dans certains pays ; un profil standard d'évolution des principaux indicateurs macro-économiques est établi : taux de croissance du PIB et de la demande électrique. On considère que le décollage va se produire à partir de 2010. Il va de soi que l'hypothèse comme quoi la croissance de l'économie marocaine et son contenu en énergie électrique passeront nécessairement par les mêmes cycles que ceux des pays développés reste à vérifier.

Figure 1

Prévision de la demande en énergie électrique

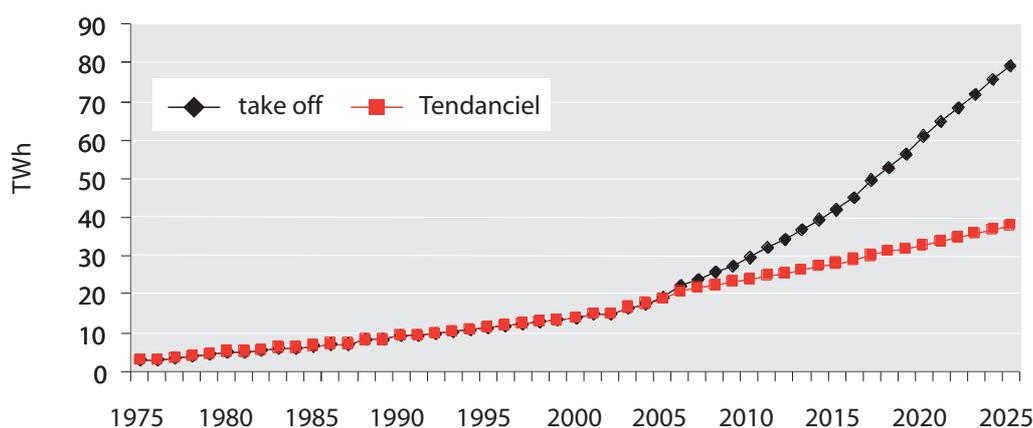
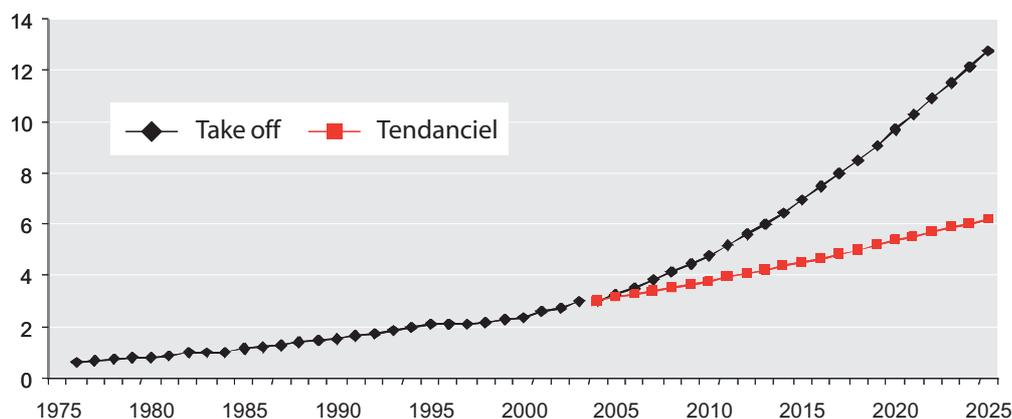


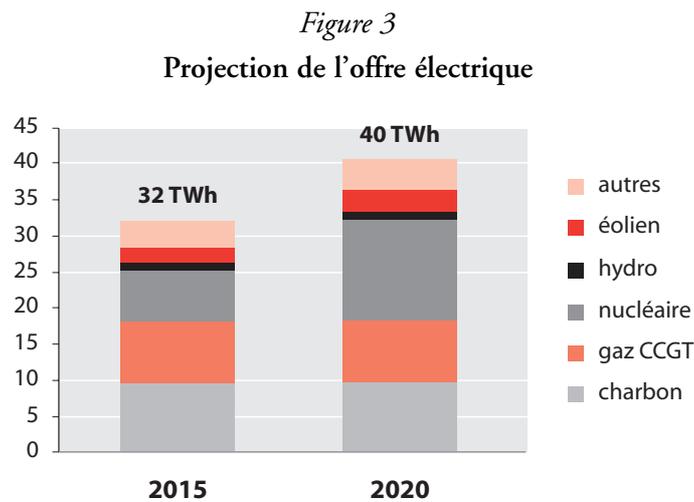
Figure 2

Evolution de la puissance maximale (GW)



- Dans une seconde étape, un éventail de futurs possibles de l'offre électrique est envisagé afin d'identifier les décisions importantes du court terme susceptibles d'avoir un impact important à moyen et à long termes ; cet aspect temporel est très particulier au secteur énergétique compte tenu de la longue durée de vie des équipements de production et de l'ampleur des investissements à engager.

La figure 3 représente une projection de l'offre correspondant à une demande dépassant les 30 TWh et pour laquelle la mise en service et le retrait d'unités programmés au plan national à court terme sont pris en compte.



Le travail en cours porte également sur la détermination des coûts de nouveaux équipements occasionnés :

- coûts directs d'investissement, d'exploitation et de combustible ;
- coûts environnementaux intégrant une application du MDC.

L'identification des risques majeurs à gérer pour déterminer un paysage énergétique qui garantisse une plus grande stabilité est un objectif essentiel de cette étude, en particulier :

- le risque financier lié à la taille de l'investissement et à son effet sur la balance commerciale ;
- le risque de dépendance lié à l'acceptation de sources d'énergie à fort contenu technologique ;
- le risque industriel pouvant provenir d'une forte variation des prix, y compris celui des ressources énergétiques primaires.

Les risques ont soit une valeur positive, soit une valeur négative ; ils permettent d'identifier la stabilité du paysage énergétique et d'interpréter les interactions entre les différentes hypothèses de travail considérées, sur les plan technique, économique, environnemental et social.

5. Les grands défis à relever pour un pays comme le Maroc n'ayant pas d'expérience dans le domaine électronucléaire

Pour un pays tel que le Maroc, en marge du problème lié à la taille limitée du marché électrique et du réseau d'interconnexion associé, la voie vers l'électronucléaire se heurte à des défis majeurs : le manque d'expérience professionnelle et industrielle en la matière, le coût élevé de l'investissement comparé aux sources alternatives et les exigences de sûreté et de sécurité.

Ces défis révèlent les droits d'entrée élevés de l'électronucléaire, ce qui exige d'adopter très tôt une approche dans l'étude différente de l'analyse habituelle des interactions offre-demande, afin de favoriser les échanges entre tous les acteurs du secteur, dans un cadre national et international, et d'élaborer une politique énergétique ouverte sur le monde ; ils exigent notamment de respecter les conditions suivantes.

- *Combiner les perspectives du court et du long terme* : le secteur énergétique national est caractérisé par une très forte dépendance en énergies primaires de l'extérieur ; l'option électronucléaire est perçue dans le contexte d'une sécurité d'approvisionnement et d'une diversification des sources d'énergie. Des études de faisabilité ont été lancées pour comparer la compétitivité du charbon et du gaz naturel avec le nucléaire ; les conclusions de ces études devraient éclairer les choix dans ce domaine.
- *Renforcer les infrastructures* associées au développement d'un programme d'utilisation pacifique de l'énergie nucléaire conduisant à terme à l'introduction de l'électronucléaire : planifier un premier réacteur électronucléaire nécessite un processus d'apprentissage multidimensionnel et un développement de compétences. Relever ce défi pourra conduire à une meilleure visibilité concernant, d'une part, les responsabilités des différentes institutions impliquées dans le développement et la marche d'un programme électronucléaire et, d'autre part, les liens réciproques entre les organismes gouvernementaux, les industriels du secteur de production de l'électricité et les utilisateurs, notamment les sociétés de distribution, ce qui contribuera à favoriser le partenariat dans un environnement actif.
- *Capitaliser les acquis de l'utilisation pacifique de l'énergie nucléaire* : il sera possible de démontrer la viabilité d'un programme électronucléaire national dans un contexte géographique, économique et social approprié et de rechercher les moyens de maximiser la participation industrielle nationale dans la mise en œuvre du programme.
- *Développer une culture et une expérience de sûreté* : leurs multiples composantes seront mieux appréhendées, ce qui aura pour conséquence, entre autres, de faciliter la promotion des applications des techniques utilisant les rayonnements nucléaires dans divers domaines tels que la médecine ou l'industrie, dans le cadre d'une réglementation nucléaire et de mise en œuvre de moyens d'accompagnement adaptés aux besoins.
- *Promouvoir un transfert de connaissances et de savoir-faire scientifique et technique* : les actions entreprises dans ce domaine, bien qu'entamées depuis plusieurs décennies, progressent lentement et ne sont pas encore en mesure de contribuer de manière significative à l'évaluation de la faisabilité et à la réussite d'un programme électronucléaire.

6. L'orientation de la coopération et les axes de travaux pertinents

La voie vers l'introduction de l'électronucléaire impose pour un pays tel que le Maroc de développer une coopération multidimensionnelle avec l'AIEA, les pays exportateurs de technologie nucléaire et les pays en développement de taille comparable à celle du Maroc et bénéficiant d'une expérience en la matière sans forcément en maîtriser la technologie. Cette coopération devra viser essentiellement les points suivants :

- identifier, à partir des projections de la demande, les seuils de consommation à partir desquels la production d'énergie d'origine nucléaire devient rentable ;
- identifier les technologies les plus adéquates pour accompagner, en termes d'investissement, les profils de la demande, compte tenu du niveau de développement de la production et

- de l'accès aux sources alternatives, et ce, en privilégiant le transfert de connaissance et de savoir-faire ;
- construire, en coopération avec les partenaires exportateurs de technologie et les pays en développement ayant une expérience dans ce domaine, un programme national de développement et d'utilisation pacifique de l'énergie nucléaire incluant la production d'électricité ;
 - structurer les actions de coopération selon les avancées du programme national de développement et dans une vision de capitalisation de leurs retombées et des progrès enregistrés ;
 - préparer les outils réglementaires nécessaires et instaurer les institutions de régulation et de contrôle en s'inspirant des meilleurs standards internationaux.

Le respect de ces modalités de coopération permettra de repérer des solutions adaptées aux besoins et aux spécificités du pays, eu égard au respect de la taille du marché et du réseau électriques ; par ailleurs, les réformes actuelles de privatisation du secteur électrique et son ouverture vers l'Europe offriront l'opportunité de rentabiliser les équipements de grande taille en écoulant une partie de l'électricité produite vers l'Europe via l'Espagne dans le cadre d'un marché libre.

En définitive, l'alternative électronucléaire pourra constituer une solution durable remplissant de manière satisfaisante les conditions de rentabilité économique et de sûreté des installations.

Conclusion

Aujourd'hui, l'énergie nucléaire est surtout utilisée dans des pays industrialisés qui ont des capacités techniques, institutionnelles et financières suffisantes pour y faire face. La perspective pour ces pays de poursuivre leur programme nucléaire pour satisfaire leurs besoins croissants en énergie en mettant à profit leurs atouts et leur expérience dans ce domaine facilitera l'ouverture de cette option aux pays en développement grâce à la coopération internationale. Des programmes communs permettront de relever les grands défis posés par le nucléaire en termes de capacités organisationnelles, réglementaires, techniques et financières avec un objectif de recourir à une énergie d'origine nucléaire sûre et compétitive.

La politique énergétique de l'Union européenne et ses liens avec la Méditerranée

Dominique RISTORI

*Directeur des affaires générales pour l'énergie et les transports
à la Commission européenne*

Je me réjouis que le Maroc ouvre une réflexion sur la prospective énergétique à l'horizon 2030. En termes de convergence, l'Union Européenne et la Commission européenne se retrouvent exactement dans la même situation de réflexion stratégique sur l'énergie. Avant d'entamer les principales priorités qui touchent au secteur et les principaux défis, je crois qu'il y a un élément de conjoncture, mais de conjoncture longue, qu'il faut analyser. C'est un élément qui ne concerne pas seulement tel ou tel pays, telle ou telle région du monde, mais l'ensemble des continents. Faisons-le en reconnaissant aussi que, jusqu'à présent, les études et les experts n'avaient pas ouvert ce chemin.

Je me souviens encore de ces rencontres, il y a deux ans, où ce qui primait c'est surtout l'immobilisme, le conservatisme et la conduite au fil de l'eau. Puis, brutalement, on a vu la demande énergétique s'emballer pour le long terme, parce que les facteurs d'emballement sont ceux des pays les plus peuplés, en plein développement économique et où la consommation *per capita* est encore très faible. De toute évidence, ils ne peuvent qu'augmenter, car ce sont des pays largement ruraux où le phénomène d'urbanisation est extrêmement rapide. En revanche, en termes d'offre, vous constatez que depuis plus de deux décennies on a vécu sur l'illusion de la surcapacité un peu partout, y compris aux Etats-Unis, en Europe et même ailleurs.

Or, l'insuffisance de l'offre se caractérise par une situation de sous-investissement touchant toute la chaîne énergétique. Qu'il s'agisse des moyens de transports électriques, pétroliers et gaziers qui sont souvent dans un état déplorable, des centrales thermiques ou nucléaires presque toutes vieillissantes ou devant être rapidement modernisées ou remplacées, du raffinage où, là aussi, rien n'a été fait ou presque pour doter les différentes régions du monde de raffineries en situation de faire face à ce que sont, aujourd'hui, les caractéristiques des réserves pétrolières. Et vous savez qu'en dehors du pétrole léger, essentiellement en Arabie saoudite et au Nigeria, le pétrole est lourd et nécessite des raffineries adaptées pour son traitement.

Vous le voyez, le défi auquel est confronté le Maroc est le même pour tous les pays. Il est impératif d'entreprendre d'abord une réflexion qui permette d'ouvrir les perspectives ; ensuite, une réflexion qui s'inscrive dans la durée et qui détermine les moyens légaux, industriels et de recherche les plus appropriés pour cela.

En ce qui concerne l'Union européenne, nous venons d'entamer une révision en profondeur de nos choix. Pour ce faire, le dossier a été placé au niveau politique le plus élevé et fait l'objet de discussions au sein du Conseil européen réunissant les chefs d'Etat et de gouvernement. Il en sera de même pour le volet extérieur de la politique énergétique. La question essentielle

est : que peut-on faire au niveau des trois axes majeurs de la politique énergétique, en tenant compte de la course mondiale à l'énergie, caractérisée aussi par l'influence non seulement des éléments techniques (la localisation des réserves) mais aussi des éléments géopolitiques ? Il est également intéressant de savoir quelle est la marge de manœuvre des gouvernements et des sociétés. On va évoquer à juste titre le rôle de la société civile et des syndicats, parce que finalement sur l'énergie plus que sur n'importe quel autre sujet, les comportements et les choix, qu'ils soient individuels ou collectifs, ont leur influence.

Les axes essentiels de la politique énergétique sont au nombre de trois. Le premier touche à la sécurité d'approvisionnement énergétique. Le deuxième est dédié à la compétitivité (à laquelle il faut joindre aussi le social), et le troisième concerne le rôle de l'énergie par rapport au climat. Après tout, il n'est pas neutre de constater que plus de 80 % des gaz à effet de serre découle de la production et de la consommation d'énergie ; autant dire que les choix dans ce domaine nous interpellent au premier degré.

Quant à la sécurité de l'approvisionnement, vous aussi au Maroc vous mesurez le défi, parce que vous êtes dépendants de l'extérieur. Chez nous, on a longtemps pensé qu'on avait une situation relativement confortable, mais on s'aperçoit que le niveau de dépendance externe de l'UE s'emballé. Il est aujourd'hui passé à 50 %, toutes sources d'énergie confondues, et il pourrait rapidement monter à 70 % d'ici 20 à 30 ans. C'est considérable. Et ça l'est d'autant plus pour le gaz qu'il n'y a pratiquement que trois grands acteurs (la Russie, l'Algérie et la Norvège). Pour le pétrole, on s'aperçoit que le marché est tellement tendu que les conséquences ne se mesurent pas seulement en termes de prix, mais aussi en termes de risques permanents de rupture d'approvisionnement ou de rupture tout court. La raréfaction du pétrole et la force de la demande mondiale font que les prix vont probablement rester élevés.

A partir de là, si l'on veut éviter une situation de dépendance complète, il faut commencer par le premier élément, qui est la diversification des sources d'énergie. Il va falloir jouer sur toute la panoplie offerte (énergie nucléaire, gaz, charbon, pétrole, énergies renouvelables) et sur la diversification des fournisseurs. Il est toujours dangereux de dépendre d'un seul fournisseur. En même temps, compte tenu des besoins mondiaux, il faut favoriser des investissements dans tous les domaines. Les interconnexions contribuent directement à la sécurité énergétique de tous. La création de nouveaux pôles de développement, y compris gaziers aussi. Il en est de même pour les équipements, y compris maritimes pour le transport d'énergie. Tous ces éléments participent directement à augmenter le niveau de sécurité énergétique.

Au niveau de l'Union européenne, pour les 20 prochaines années, on estime à 1 000 milliards d'euros les besoins d'investissement dans toute la chaîne énergétique. En même temps, le niveau des prix actuel fait que la viabilité des investissements est meilleure. Il faut donc non seulement inciter les entreprises à investir, mais également intéresser les milieux financiers à s'intéresser à ces investissements à moyen et à long termes, productifs et en même temps bénéfiques pour l'ensemble de la société. Le temps est donc venu de mieux expliquer les choses, y compris aux financiers.

A l'évidence, la responsabilité est partagée par tous : les responsables politiques et les techniciens financiers, etc. Il faut tenir compte des réalités et des potentialités. Les conditions d'accueil des investissements doivent être adaptées de manière à attirer les investisseurs étrangers. Les gouvernements sont appelés à créer les conditions politiques et juridiques qui ont bien sûr un rôle déterminant. D'où la nécessité d'intégrer les éléments de la politique énergétique dans les politiques extérieures des pays. Une réflexion profonde est menée actuellement par l'Union européenne à ce sujet. Il est certain que tous les pays font de même.

A côté de ces éléments de sécurité énergétique, il y a les éléments de compétitivité et les éléments sociaux. La compétitivité c'est d'abord ne pas faire n'importe quoi ou croire que le marché va tout régler à lui seul. La concurrence n'est bonne que si elle est encadrée selon des règles claires, s'il y a réciprocité et si les acteurs sont égaux. Il faut veiller aussi à définir les services publics qui protègent les consommateurs les plus faibles, notamment les consommateurs domestiques. Il ne suffit pas d'ouvrir le choix aux uns et aux autres. En Europe, le marché intérieur n'est pas suffisamment intégré. Donc, nous encourageons les interconnexions et nous veillons à améliorer les décisions de régulation et à surveiller également les conditions dans lesquelles s'effectue la définition des tarifs et des prix. Pour ce faire, la transparence et le rapprochement des marchés s'avèrent nécessaires. Au Maghreb, il y a un marché de l'électricité qui devrait être bâti dans la transparence et la régulation. Dans cette optique, les convergences avec l'Union européenne sont et peuvent être plus fortes.

Il est important aussi que chacun joue son rôle, y compris en termes de choix. Un consommateur, même individuel, a le droit de connaître l'origine de l'électricité et les conditions de formation de son prix. Il a le droit, s'il le décide un jour, de changer de fournisseur. Il faut lui préciser les conditions d'exercice de ce droit, c'est fondamental. Une telle pratique implique l'association de tous les acteurs : les acteurs gouvernementaux pour la définition du cadre juridique, les parlementaires, les entreprises, les associations de consommateurs et les syndicats.

Quant aux considérations environnementales, les gouvernements sont appelés à faire preuve de lucidité sur les conséquences de leurs choix. Certaines sources d'énergie produisent des gaz à effet de serre, d'autres non. Deux seulement sont à production zéro, les énergies renouvelables et l'énergie nucléaire. Toutes les autres affectent l'environnement. Il va falloir, bien entendu, renforcer la recherche sur les technologies du charbon propre, les centrales à gaz et sur certains volets pétroliers, par exemple en matière de séquestration du CO₂. De même, les recherches en matière d'exploitation des réserves doivent être stimulées. Il est aussi nécessaire de porter à maturité certaines technologies en matière d'énergies renouvelables : éolienne, solaire, biomasse et bio-fuel. C'est une démarche qui essaie de concilier les différents aspects : environnement et compétitivité. Il faut enfin continuer à encourager tout ce qui contribue à l'efficacité énergétique. La maîtrise de l'énergie passe d'abord par la maîtrise de la demande. Il y a des secteurs performants et des secteurs moins performants. Il faut être bon à la fois en termes de rendement énergétique, et en termes technologiques.

Pour nos industriels, le grand challenge consiste à allier l'aspect performance (l'aspect technologique et industriel) et l'aspect rendement énergétique. Les perspectives sont énormes, parce qu'elles portent non seulement sur le remplacement progressif des parcs sur les grands marchés régionaux, mais c'est aussi de grandes possibilités d'exportation. Là aussi, l'effort technologique est considérable. Les estimations montrent qu'on pourrait économiser environ 20 % de notre consommation énergétique d'ici 20 ans, si on agit là où il faut agir le plus, sur le bâtiment, les produits électriques et le transport. Il faut expliquer les règles du jeu d'une manière claire à tout le monde. Dans un pays en quête d'efficacité énergétique, les grandes sociétés électriques devraient se doter d'une direction générale chargée de l'efficacité énergétique, chargée de passer des contrats avec les villes, les départements ou les régions avec à la clé la baisse des factures énergétiques. Il faut recenser et traduire en mesures les possibilités concrètes.

Au Maroc, vous avez des potentialités importantes à exploiter. Il s'agit d'évoluer vers un cadre légal plus transparent, plus simple et plus performant. Il faut aussi mettre en place les dispositifs incitant à l'investissement, c'est une nécessité urgente. Faire en sorte que les choix prennent

en compte la compétitivité et l'environnement. Cela sous-entend aussi ouvrir de nouvelles pistes au niveau de l'industrie et de l'attitude du consommateur. Tous ces éléments rendent les choix de demain extrêmement importants et avec des effets directs sur nous tous. Et cela sous-tend finalement aussi la qualité de notre vie en général. C'est la raison pour laquelle il est important de poursuivre cette réflexion, comme celle que vous avez engagée au Maroc, comme celle que nous avons engagée au niveau de l'Union européenne. C'est pourquoi il faut y associer l'ensemble des acteurs de la société et permettre aux dirigeants de décider en toute connaissance de cause pour construire un avenir meilleur et un accès sécurisé à l'énergie pour tous.

Transport et énergie au Maroc : contexte, défis à relever et recommandations

Hamid ZHAR

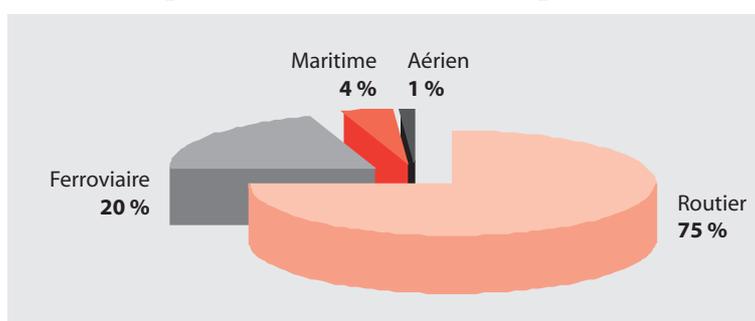
Directeur des études, de la planification et de la coordination des transports,
Département du transport

1. Contexte général

1.1. Principaux indicateurs

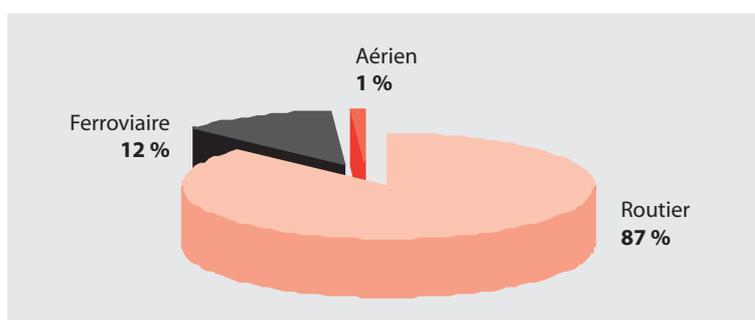
Le transport est un facteur-clé pour le développement des flux de marchandises. En effet, les flux inter-provinces s'élèvent à près de 40 millions de tonnes (non compris 27 millions de tonnes de phosphates transportées exclusivement par chemin de fer), et les échanges extérieurs représentent plus de 68 millions de tonnes dont 97 % transitent par voie maritime.

Répartition modale du fret inter-province



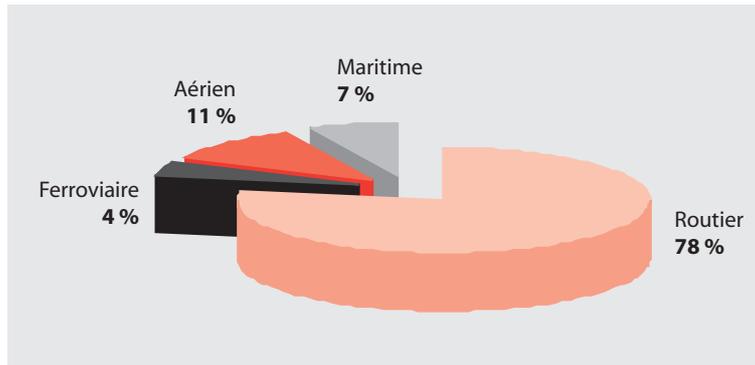
Le transport joue également un rôle vital dans la facilitation des déplacements des personnes. Au niveau interurbain, près de 175 millions de personnes déplacées. Sur le plan des déplacements extérieurs, environ 11,5 millions de personnes ont emprunté en 2005 les moyens de transport aérien (64 %) et maritime (36 %).

Répartition modale des déplacements interurbains



Le poids du secteur du transport est également imposant en termes de consommation d'énergie. La consommation nationale d'énergie et de produits pétroliers est respectivement de 28 % et 40 %. Le transport routier, mode dominant de mobilité, consomme à lui seul 30 % et 55 % respectivement de la consommation nationale des produits pétroliers et du gasoil, pour un parc circulant estimé à environ 2 millions d'unités.

Répartition modale de la consommation du pétrole



La dépendance du secteur des transports aux produits pétroliers ne cessera de s'accroître au cours des prochaines années. Elle reste liée aux perspectives de dynamisation des flux de transport. Cette dynamisation des flux sera favorisée par l'accroissement de l'activité économique et soutenue par le programme de développement intégré des infrastructures de transport et d'amélioration de l'environnement institutionnel et réglementaire de l'activité de transport, mené par le ministère de l'Équipement et des Transports.

1.2. Grands projets d'infrastructures

Pour un investissement d'environ 50 milliards de dirhams, le Port Tanger-Med, les autoroutes, la rocade méditerranéenne, la modernisation des infrastructures ferroviaires et l'extension de l'aéroport Mohammed V, constituent les principaux projets d'infrastructure dans le domaine des transports.

Le Port Tanger-Med : 16 milliards de dirhams (y compris les infrastructures de connexion autoroutière et ferroviaire). Le port est implanté sur le site du détroit de Gibraltar, à l'intersection des grandes routes maritimes, à 15 kilomètres de l'Europe. Il est adossé à des zones franches logistique (100 ha), commerciale (205 ha) et industrielle (600 ha) et doté d'infrastructures routière, autoroutière et ferroviaire performantes.

L'état d'avancement est conforme à l'échéancier préétabli :

- 86 % des travaux en mer réalisés (digues, dragages, déroctages et remblais hydrauliques) ;
- concession du premier terminal à conteneurs octroyée en novembre 2004 à Maersk-Akwa et du deuxième terminal attribuée en décembre 2005 au consortium Eurogate-Contship/COMANAV/MSA/CMA-CGM ;
- concession des services de remorquage confiée à Bourbon-Maritime (France) en octobre 2005 ;
- concession du terminal à hydrocarbures en avril 2006 ;
- la mise en service du port est prévue pour juillet 2007.



Les autoroutes : 23 milliards de dirhams

- Le Schéma d'armature autoroutier : 1 500 kilomètres à l'horizon 2010 (y compris la voie express Agadir-Taroudant) ;
- 480 kilomètres d'autoroutes à péage mis en service en 2003, soit un rythme d'environ 40 kilomètres par an sur la période (1992-2003) et d'environ 100 km par an actuellement ;
- 611 kilomètres d'autoroutes à péage mis en service actuellement ;
- 485 kilomètres d'autoroutes en cours ;
- lancement programmé de 320 kilomètres entre 2006 et 2010 au rythme moyen (2006-2010) de 160 km par an.

Rocade méditerranéenne : 6 milliards de dirhams

Il s'agit d'une rocade de 550 kilomètres (soit 7 heures du trajet) d'un coût de 5 600 MDh (non compris autoroute). Les tronçons achevés sont :

- Saïdia-Ras Kebdana sur 20 kilomètres, en 2000 ;
- Tanger-Fnideq sur 60 kilomètres, en 2002 ;
- Ras Afraou-Ras Kebdana sur 92 kilomètres, en 2005.

Les tronçons en cours de réalisation sont :

- Ajdir-Ras Afrou sur 84 kilomètres, 70 % réalisés, fin des travaux prévue fin 2006 ;
- Jebha-Al Hoceima sur 103 kilomètres, 29 % réalisés, finalisation prévue pour 2007 ;
- Tétouan-Fnideq, autoroute sur 28 kilomètres, 35 % réalisés, finalisation prévue pour mars 2007.

Les tronçons à lancer concernent : Tétouan-Jebha sur 120 kilomètres. La présélection des entreprises est achevée. Les travaux seront achevés en 2009.

Transport ferroviaire

En termes de transport ferroviaire, la mise en service de la liaison ferroviaire entre Taourirt et Nador (117 km, avec un coût de 2 300 MDh) est prévue pour 2007. Le Trafic prévisionnel en 2008 est estimé à 446 000 voyageurs et à 1,5 millions de tonnes de marchandises. La mise en service de la liaison ferroviaire Tanger-Port TangerMed (52 km, avec un coût de 3 300 MDh)

est prévue également pour 2007. Plusieurs travaux ont été lancés ou sont prévus, ils s'agit notamment de l'adaptation du réseau (dédoublage et rectification du tracé (Fès-Meknès, Nouaceur-Jorf, etc.), de la mise à niveau des gares, du renouvellement du matériel roulant et des plateformes logistiques.



Extension de l'aéroport Mohamed V : 1,2 milliard de dirhams

Il s'agit de la construction d'une nouvelle station de 40 000 m² de superficie, ce qui permettra de doubler la capacité à 8 millions voyageurs par an. Le coût du projet est estimé à 1 200 MDh. Le démarrage des travaux était en octobre 2004 et l'achèvement est prévu pour premier trimestre 2007.

1.3. Réformes du secteur des transports

Libéralisation du transport routier de marchandises

L'objectif est d'avoir un système de transport routier économiquement efficace, avec les meilleures conditions de qualité, de sécurité, de fiabilité, de délai et de coût.

Les principales dispositions de la loi 16-99, entrée en vigueur en 2003, stipulent :

- la suppression de l'agrément de transport routier des marchandises ;
- la suppression du monopole d'affrètement pratiqué précédemment par l'ONT ;
- la création de deux nouveaux métiers : les commissionnaires et les loueurs de véhicules de transport de marchandises ;
- l'intégration dans le secteur organisé des propriétaires des véhicules de 8 tonnes et moins.

L'état d'avancement jusqu'à fin 2005 de ce chantier se présente comme suit :

- 50 500 véhicules inscrits dont 23 000 pour compte d'autrui ;
- 49 certificats d'inscription au registre de commissionnaires de transport et 9 certificats d'inscriptions au registre de loueurs de véhicules automobiles ;
- création de près de 3 600 nouvelles entreprises et de plus de 6 100 nouveaux emplois.

Réforme du secteur portuaire

La réforme vise la réalisation des objectifs suivant :

- élever le niveau de compétitivité des ports marocains aux standards internationaux ;
- réduire le coût de passage portuaire ;
- adapter l’offre des services portuaires à la demande du trafic ;
- accompagner les opérateurs économiques nationaux par un système portuaire performant permettant l’amélioration de leur compétitivité.

Cette réforme repose sur le principe de la séparation des fonctions régaliennes, d’autorité portuaire et commerciale; la première est vouée à l’administration centrale unique, la deuxième à l’agence nationale des ports qui reprendra les missions de service public de l’ODEP, et la troisième à la Société d’exploitation des ports (reprenant les activités commerciales de l’ODEP), en concurrence avec des entités privées ou publiques.

Elle repose aussi sur l’introduction de la concurrence entre ports et au sein d’un même port et sur l’instauration de l’unicité de la manutention bord-terre.

Pour ce qui est de l’état d’avancement, le projet de loi portant réforme du secteur portuaire a été adopté par le Parlement en juillet 2005.

Lancement du processus de libéralisation du transport maritime

Il s’agit de mettre en place un secteur transport maritime efficace, à faible coût, pérenne, au profit de l’économie du pays ; avec une mise à niveau de la compétitivité des armateurs marocains pour leur permettre de prospérer dans un marché compétitif.

Pour ce faire, ce processus vise la libéralisation progressive de l’activité des lignes régulières d’ici mi-2007, la réforme et la rationalisation de l’activité du transport maritime des passagers et la libéralisation de l’activité d’affrètement et l’ouverture des gens de la mer marocains sur l’international, etc.

Des mesures sont prévues pour améliorer la compétitivité de la flotte marocaine comme la réduction des coûts d’équipage, de maintenance et d’assurances, la réduction de la charge fiscale et l’amélioration de l’accès aux financements extérieurs.

Réforme du transport ferroviaire

Les objectifs de cette réforme consistent en l’amélioration de la compétitivité (réduction des coûts et amélioration de la qualité des services) ; le développement du secteur à travers son ouverture à l’initiative privée et la dynamisation de l’action commerciale de l’ONCF.

Les principales dispositions de la loi 52-03 :

- définition de la consistance du réseau ferroviaire national et des conditions de son extension ;
- ouverture au secteur privé pour la construction et l’exploitation de nouvelles infrastructures ferroviaires (concessions) ou l’exploitation de lignes existantes (autorisations) ;
- transformation de l’ONCF en société anonyme (Société marocaine des chemins de fer) chargée, dans le cadre d’une convention de concession, de la gestion des infrastructures et des services ferroviaires sur le réseau existant ou en construction.

Le projet de loi a été approuvé par le Parlement en novembre 2004.

Libéralisation du transport aérien

L'ambition du Maroc d'atteindre 10 millions de touristes à l'horizon 2010 (Vision 2010) exige du Maroc d'opérer une discontinuité dans l'évolution du trafic et dessertes aériennes dans une perspective de triplement de l'offre aérienne internationale.

La mise en œuvre, début 2004, d'une nouvelle politique de libéralisation du transport aérien au Maroc a contribué à la réalisation de résultats positifs en 2004 (trafic aérien global : + 15 % ; régulier international : + 22 % ; desserte de/vers Europe : + 11 nouvelles compagnies). Ces résultats positifs se confirment en 2005 (trafic aérien global : + 19 % ; trafic international : + 21 % ; l'aéroport de Marrakech dépasse 2 millions de passagers dès novembre : le trafic aérien a presque doublé en deux ans).

Cependant, il est à noter l'énorme besoin pour la période 2006-2010. Il s'agit de faire entrer de nouveaux opérateurs, notamment à partir d'Europe (à signaler dans ce sens la création de la première compagnie low-cost privée marocaine, *Jet4you* et l'annonce par *Easyjet* de son entrée dans le ciel marocain à partir de juillet 2006 avec un vol quotidien Londres-Marrakech. L'Open Sky avec l'Europe paraphé à Marrakech le 14 décembre 2005 nécessite également la libéralisation des marchés et la simplification des procédures d'autorisation, l'amélioration des conditions de concurrence et un haut niveau de coopération et de rapprochement réglementaire.

2. Problématique

La mise en service des grands projets d'infrastructures et la concrétisation des réformes de mise à niveau du secteur des transports évoquées ci-dessus entraîneront inéluctablement une dépendance plus accrue du secteur des transports aux produits pétroliers.

Cette situation, avec le renchérissement des prix du carburant, et la dynamisation des flux routiers auront un impact certain sur la compétitivité des opérateurs de transport et sur la préservation de la qualité de l'air : deux défis majeurs à relever.

Le renchérissement du cours du brut au niveau international (passé de 48 dollars en 2004 à plus de 70 \$ en 2006) s'est traduit au niveau national, comme d'ailleurs partout dans les pays non producteurs, par la révision à la hausse des prix de vente à la pompe des produits pétroliers.

Ce surcoût entraîne l'alourdissement de la facture pétrolière des différents opérateurs de transport et, partant, grève leur compétitivité. Par exemple, le surcoût de la facture pétrolière de la RAM en 2005 est de plus de 530 millions de dirhams.

L'augmentation cumulée depuis août 2004 du prix de vente du gasoil à la pompe élevée à 1,7 dirhams le litre, s'est traduite par un surcoût de la facture du carburant, estimé à 50 000 dirhams annuellement pour un véhicule de transport de marchandises pour compte d'autrui de tonnage moyen (entre 19 et 26 tonnes).

2.1. Enjeux liés à la compétitivité des opérateurs de transport

La problématique du surcoût de la facture pétrolière se pose avec acuité pour le mode de transport routier, compte tenu des considérations suivantes :

- la répercussion de l'augmentation cumulée du prix du gasoil sur le coût de revient de transport routier est de l'ordre de 9 %, sachant que le poste carburant représente 30% du prix de revient (il n'est que de 20 % en Europe) ;
- les transporteurs ne sont pas en mesure de répercuter les augmentations du prix du carburant

sur leurs prix de vente, eu égard à la situation du secteur du transport routier qui se caractérise par la surabondance de l'offre et une concurrence acharnée, ce qui se traduit par la pression à la baisse des tarifs malgré le renchérissement du carburant.

Devant cette situation, les transporteurs se trouvent de plus en plus en difficulté et ne cessent de revendiquer des mesures de soutien à l'Etat. Cette situation risque d'être aggravée davantage à l'avenir avec les perspectives de généralisation à l'horizon 2008 de la commercialisation de l'essence sans plomb et du gasoil 350 ppm dont les prix sont plus élevés. S'il est vrai que cette évolution est de nature à favoriser la protection de l'environnement, son application engendrera un surcoût du poste carburant et grèvera davantage la compétitivité des opérateurs.

2.2. Dégradation de la qualité de l'air

Le transport routier devient de plus en plus une source préoccupante de dégradation de la qualité de l'air dans les zones urbaines. Des mesures de la qualité de l'air ont été faites dans les principales villes du Maroc (Casablanca, Marrakech, Rabat et Fès) et qui ont montré que les niveaux de concentration de polluants (SO_2 et NO_x) dans les zones de trafic intense sont supérieurs aux normes recommandées par l'Union européenne et l'OMS.

Le transport routier participe fortement à cette pollution. Il contribue aux émissions polluantes à hauteur de 15,5 % des rejets de SO_2 , 54% de NO_x et 23 % des émissions de particules en suspension.

3. Mesures entreprises ou envisagées

Les principales mesures entreprises dans l'objectif d'atténuer le poids du poste carburant dans le secteur du transport se résument comme suit :

- mise en œuvre du système de récupération de la TVA sur le gasoil au profit des professionnels du transport routier et de l'ONCF ;
- application d'une surtaxe carburant par la RAM visant la répercussion d'une partie de la hausse du carburant sur la tarification, bien que ce genre de procédé soit utilisé avec prudence en raison de l'environnement concurrentiel du secteur du transport aérien ;
- application par la RAM, à l'instar des autres compagnies aériennes, de la technique du « hedging » qui consiste à recourir à des couvertures auprès d'organismes spécialisés contre les hausses imprévisibles du carburant ;
- lancement d'un programme de mise à niveau des centres de visite technique devant se traduire par l'amélioration du contrôle des gaz d'échappement des véhicules.

4. Benchmark

4.1. Recours au bioéthanol

Fabriqué à partir de plantes – canne à sucre (Brésil), blé ou maïs (USA et Canada) – l'éthanol, ou bioéthanol, présente des avantages importants en terme de réduction du coût, de longévité du moteur, de réduction de l'entretien du véhicule. Sa combustion est moins polluante. Il ne nécessite pas de modifications majeures des moteurs des voitures par le fait qu'il est mélangé à 10 % avec du carburant classique. Il est ainsi considéré comme un excellent moyen permettant de faire des économies d'énergie, réduire les gaz à effet de serre et développer le milieu rural.

Au Brésil, premier producteur de bioéthanol dans le monde, 25 % du carburant pour les voitures est déjà remplacé par l'éthanol, soit une consommation de 9,5 millions de tonnes par an ; ce qui est l'équivalent de 1,35 fois la consommation nationale des produits pétroliers.

En Europe, 10 % du carburant pour véhicules sera remplacé par de l'éthanol à l'échéance 2010.

Aux USA et au Canada, les gouvernements ont entrepris de profondes réflexions allant dans le même sens. Aujourd'hui au Canada, 10 % des stations de service distribuent le E85 (essence mélangé à 15% d'éthanol fabriqué à partir de blé ou de maïs).

4.2. Recours au gaz naturel véhicule (GNV)

Le GNV présente un intérêt certain du point de vue environnemental, car son utilisation ne produit ni fumée, ni benzène, ni impureté de soufre.

Dans le monde, plus de 4 millions de véhicules toutes catégories circulent actuellement au GNV. Plus particulièrement en France, ce sont plus de 7 000 véhicules (bus, véhicules utilitaires légers, véhicules de tourisme) qui fonctionnent actuellement au GNV. L'Égypte a déjà profité de cette technologie, et plus de 37 000 véhicules (toutes catégories) circulent au GNV.

Recommandations

De l'avis d'experts avisés, le renchérissement des prix du brut au niveau international présente une tendance durable, ce qui se traduira nécessairement par des révisions à la hausse des prix du carburant, d'où la nécessité de :

- mettre en place un mécanisme de soutien aux professionnels, notamment du transport routier, pour lesquels la problématique se pose avec acuité ;
- opter pour d'autres sources d'énergie alternatives ;
- adopter le gasoil professionnel : la mise en place d'un système de gasoil professionnel subventionné par l'Etat et matérialisé par la récupération par les professionnels du transport routier d'une partie des dépenses liée au carburant consommé (TIC) ; cette pratique est adoptée par plusieurs pays étrangers notamment en Europe ;
- développer et moderniser les transports urbains en commun par le recours au métro et au tramway ;
- développer les infrastructures de transport ferroviaire qui dispose d'atouts considérables aidant à instaurer une mobilité durable, en termes de sécurité, de consommation d'énergie, de qualité de l'air, de transport des matières dangereuses et de transport de masse ;
- développer l'inter-modalité et la logistique des transports afin de permettre un transfert du trafic de la route vers le rail ;
- élaborer un plan d'actions multisectoriel visant à réduire la pollution atmosphérique du transport routier, se rapportant aux véhicules et à la gestion du trafic urbain ;
- entamer une réflexion au sein d'une commission interministérielle afin d'introduire des carburants alternatifs, à l'instar des expériences réussies par certains pays comme le Brésil.

Les changements climatiques : du diagnostic scientifique à la décision

Hervé LE TREUT

Membre de l'Académie des Sciences

Les changements climatiques sont des phénomènes naturels qui ont toujours existé et qui se sont étendus sur des milliers d'année. Toutefois, la composition de l'atmosphère a récemment subi des changements sans précédent. En effet, avant 1850, il y avait une relative stabilité dans l'émission des gaz à effet de serre que sont le carbone dioxyde, le méthane et le nitron oxyde. Depuis cette date, pour différentes raisons relatives à l'augmentation de la consommation de pétrole et de charbon et à l'explosion démographique, le niveau de ces gaz a augmenté dans l'atmosphère.

Il faut rappeler aussi que ce qui est communément appelé « gaz à effet de serre » sont des composés atmosphériques qui empêchent la planète de se refroidir et qui ramènent l'énergie vers le sol. C'est un processus vital pour l'équilibre atmosphérique. Ces composés peuvent se diviser en deux parties: des composés naturels comme la vapeur d'eau ou les nuages et des composés anthropiques comme le gaz carbonique (CO₂), les Halo carbonés et l'ozone.

L'équilibre atmosphérique se trouve menacé par une activité humaine qui dégage un surplus de gaz à effet de serre qui a la propriété de s'accumuler. Les effets de ce déséquilibre sont déjà visibles au niveau de la température, puisque on a remarqué une augmentation de la température de la terre d'un demi-degré au cours des dernières décennies. Cette augmentation est sans précédent dans l'histoire connue de la terre.

Face à cette situation alarmante, le Groupe intergouvernemental pour l'évolution des climats (GIEC) a publié en 2001 un rapport qui reprend les conclusions d'une étude de scénarios socio-économiques pour le futur sur l'incidence de différentes consommations actuelles de l'énergie. Aucun de ces scénarios ne nous conduit vers la stabilisation de la température, mais plutôt vers son augmentation. Il est à souligner la totale dépendance de la température future de la terre envers la consommation actuelle. Ainsi, l'analyse de deux modèles contrastés émanant de deux centres de recherche différents, conclut que les tendances lourdes de ce stockage du gaz à effet de serre sont dues au réchauffement de la planète et que les zones de vulnérabilité relatives aux précipitations sont très différentes de celles de la température.

Par ailleurs, en plus de ces effets directs sur la température, on remarque un effet différé selon le relèvement du niveau de la mer. En effet, le relèvement actuel du niveau de la mer dépend de la consommation du 20^e siècle, et on ne peut agir que sur le niveau de la mer du siècle prochain. Une autre incidence du changement climatique est relative à la végétation et son rôle principal sur la stabilité atmosphérique; c'est un élément modérateur qui peut disparaître si la végétation réagit au changement climatique.

En conclusion, il est à rappeler que les modifications globales du climat ne peuvent plus être évitées, mais leur amplitude dépend fortement des mesures de limitation des gaz à effet de serre qui seront prises. La traduction en termes réglementaires sera plus forte. De même que l'amplitude des changements et les conséquences régionales ne peuvent être prédites dans le détail. Les risques de sécheresse sont néanmoins importants en Europe du Sud et en Afrique du Nord.

Les changements climatiques au Maroc, adaptation des discours et vulnérabilité des actions

Abdeslam DAHMAN

Professeur à l'Institut agronomique et vétérinaire Hassan II

Pour cette intervention, je m'appuierai sur deux références essentielles : le rapport de GIEC de 2001, bien sûr, qui a d'ailleurs servi à alimenter la Communication nationale initiale du Maroc publiée juste avant la tenue du COP 7 à Marrakech, et le second référentiel, fondamental pour moi, qui est un projet élaboré entre 1998 et 2002 et modélisé en 2005. Ce projet a été mené en partenariat très particulier entre deux institutions de formation: l'Institut agronomique et vétérinaire Hassan II de Rabat et l'Université BOKU des sciences agronomiques à Vienne en Autriche. Son objet était de s'intéresser de près à une zone considérée écologiquement très fragile : le Haut-Atlas marocain.

Dans les deux cas, il y a modélisation : le modèle de GIEC et le modèle développé par les deux universités.

Quels sont les phénomènes de rupture climatique possibles pouvant complètement changer la modélisation ? Parmi eux il y a évidemment l'anticyclone des Açores, qui influence fortement notre climat. Certains experts prévoient des modifications dans ces courants maritimes qui pourraient avoir une influence très forte sur le changement climatique au Maroc. Par ailleurs, le Maroc est protégé à l'est et partiellement au sud par une chaîne montagneuse qui subit une désertification et une déforestation intense. Si on ne connaît ni ne maîtrise l'évolution de l'écosystème très fragile, toute la plaine peut subir des effets dévastateurs. Troisième élément qui peut renforcer ces phénomènes de rupture, c'est la remontée du désert avec non seulement l'ensablement mais aussi la disparition des écosystèmes désertiques.

Le contenu de la Communication nationale initiale est très connu. Elle a présenté un inventaire des gaz à effet de serre et les options d'atténuation, notamment dans le secteur de l'énergie et de la gestion des déchets. Enfin, elle a présenté les initiatives marocaines pour la mise en œuvre des différentes conventions.

Le deuxième projet, qui est un projet de grande envergure puisqu'il a engagé 22 chercheurs, a pour objectif de mesurer avec précision et de créer une base de données sur les ressources naturelles du Haut-Atlas sur une superficie de 250 km². La zone a été dotée d'appareils de mesures. C'est un cycle naturel où il n'y a pas d'inputs d'eau autre que les précipitations et les chutes de neige. Pendant six ans, tous ces éléments ont été mesurés, stockés et analysés. Les chercheurs ont été répartis en cinq équipes de différentes disciplines (l'eau, le sol, le couvert végétal, l'énergie et les ressources humaines). Pour chaque partie, il y a une sorte de modélisation selon des scénarios particuliers.

Pour le GIEC, la modélisation va jusqu'à 2020, puisqu'elle a commencé en 2001. Pour le Maroc, le premier modèle considère que la variation de la température se fera dans une fourchette

comprise entre 0,7 et 1 °C, ce qui est assez important. Quant à la variation des précipitations, elle s'est présentée dans une fourche de - 12 à + 4 %, avec une moyenne de - 4 %. L'augmentation du niveau de mer varie de 2,6 à 15,6 cm selon les scénarios présentés, ce qui entraînerait des phénomènes extrêmes.

Par contre, le second modèle, qui a repris les mêmes données, tout en zoomant sur un nouveau système fragile, donne d'autres valeurs. La variation de la température peut aller de 1,4 à 1,8 °C, ce qui est assez catastrophique par rapport à la moyenne. Il faut rappeler aussi que la quasi-totalité des besoins énergétiques dans le Haut-Atlas est satisfaite grâce aux prélèvements de biomasse. Le couvert végétal peut varier de - 18 à - 25 % du couvert végétal actuel, la limitation principale étant la hauteur. Il en est de même pour le modèle d'érosion des terres arables, avec une déperdition de surfaces de l'ordre de 5 %.

En ce qui concerne l'inventaire des gaz à effet de serre au Maroc, il s'élevait à 40 millions de tonnes équivalentes de CO₂, soit 1,8 tonnes de CO₂ par habitant. Le CO₂ représente les deux tiers du volume des trois gaz importants (CO₂, méthane et N₂O). Les tendances d'émission du CO₂ seraient de 75 Mt en 2010 et 111 Mt en 2020. Le modèle initial a été recorrecté en 2005, car il y a eu une erreur. La tendance s'est avérée plus forte, de telle sorte que le taux d'accroissement initial moyen, qui était de 3,3 %, devient 5,5 % après correction.

La vulnérabilité a été également étudiée, notamment sur l'eau et l'agriculture. Dans le modèle GIEC initial, il y aurait une baisse des ressources en eau de l'ordre de 10 à 15 %, et des rendements dans l'agriculture de 10 à 50 % selon les années. Il y aurait une avancée de sécheresse vers le Nord, vers la partie la plus riche. Les fluctuations annuelles au Maroc sont très importantes. Quant aux impacts sur les ressources, les eaux renouvelables passeraient de 29 milliards à 25,5 milliards de m³, (soit 3,5 milliards de m³ de pertes), et l'eau mobilisable passerait de 20 à 17 milliards de m³ (soit 3 milliards de m³ de pertes). La capacité des barrages aura tendance à se réduire à cause de l'érosion.

Le problème de la sécurité alimentaire risque de se poser dans l'avenir à cause de la baisse des rendements et de la mauvaise qualité des céréales récoltées et plus particulièrement celle des pauvres : l'orge. Le seuil de sécurité alimentaire est de 60 millions de quintaux. On assiste aujourd'hui à une réduction des cycles de cultures qui se réduit de 180 à 110 jours, ce qui aggrave les problèmes des parcours.

Que faire pour s'adapter à cette situation? Il est nécessaire de lancer une politique adéquate de gestion et de mobilisation de l'eau, d'avoir une vision stratégique en matière d'irrigation et de techniques de culture et aussi de créer ou de renforcer les structures de prévision, de recherche et de formation. Il faudrait également faire un effort de mobilisation des eaux conventionnelles, maintenir et entretenir les infrastructures hydrauliques existantes et traiter les eaux saumâtres et l'eau de mer.

En ce qui concerne l'état des lieux après cinq années de mise en œuvre du projet, il y a une bonne visibilité internationale grâce à une meilleure communication, à un discours adapté et à une meilleure présence dans les assises internationales. En plus, le Maroc a réussi à placer trois projets de mécanismes de développement propre (MDP) en Afrique et au Moyen-Orient. Cependant, la réalité nationale est beaucoup moins brillante que cette façade internationale. On assiste à beaucoup de discours et de réunions, mais il n'y a pas de cohérence entre l'environnement local et l'environnement international.

Le 2^e élément fondamental est que ces institutions internationales nous obligent à créer des commissions *ad hoc* qui fonctionnent d'une façon conjoncturelle, ne produisent pas

d'information et ne se réunissent qu'à l'occasion d'un événement international. Elles ne semblent pas en mesure de gérer la problématique du changement climatique au niveau national, d'autant plus que la tutelle se révèle trop lourde. C'est un groupe qui en principe devrait être indépendant et produire une vision à soumettre à la Nation. On constate aussi une faiblesse manifeste de la collecte des données et des institutions de recherche dans ce domaine. C'est ce qu'on appelle la profondeur de l'action. Pour donner de la profondeur à l'action sur le terrain, ce qui constitue aujourd'hui un réel problème, il faudrait renforcer les capacités techniques et créer un observatoire qui constitue des bases de données. Il faudrait mettre en place des mécanismes de développement propre (MDP) sur le terrain qui impliquent les communautés territoriales. Le problème du financement est également posé, et il faudra mettre en place les mécanismes adéquats.

Je ne fais pas de conclusions, car j'estime que le chantier est ouvert.

Conclusion : le bouquet marocain

Emile H. MALET

Si le Maroc est une terre de tradition, ce Royaume respire l'histoire d'une accueillante et noble civilisation arabo-musulmane. C'est un pays moderne, profondément moderne par son ouverture aux battements économiques et culturels du monde. Entre tradition et modernité, le Maroc est du Maghreb et de la Méditerranée, il borde l'Atlantique et côtoie la mondialisation de longue date. De cette exceptionnelle situation, le Maroc tire profit pour faire rayonner son patrimoine, sa dynamique socio-culturelle et son savoir-faire économique en même temps qu'il doit veiller à prévoir son futur dans un monde imprévisible et taraudé par des vulnérabilités croissantes. Parmi elles : les contraintes d'une croissance écologique, les aléas énergétiques, la gouvernance équitable des biens communs (eau, santé, éducation)... et une géographie des conflits et des intolérances sans boussole planétaire.

Le XX^e siècle a connu une formidable croissance économique, s'accompagnant de graves pollutions écologiques. Les technologies de l'information et de la communication ont révolutionné les comportements au travail et les modes de vie, l'explosion démographique élève la population du globe à six milliards d'individus, dont plus de la moitié en Asie, et les « dix milliards » sont une prévision séculaire prévisible, sinon raisonnable. Pour croître ainsi, le monde a longtemps disposé d'une énergie abondante et peu chère, et nous avons vécu dans l'insouciance d'une consommation inextinguible et illimitée. Certes, il y eut quelques signaux pour prévenir de l'illusion d'une prospérité « sans fin » (chocs pétroliers, asymétrie de développement, poches de pauvreté, tensions identitaires, irrédentismes religieux), mais nous n'y avons pas prêté attention parce que le capitalisme a triomphé des idéologies (fascisme, communisme), et la mondialisation se présentait comme un carrefour de progrès infini et d'expansion démocratique sans entrave. Le Maroc a pu s'inscrire dans cet élan de globalisation des échanges, accompagné de privatisations économiques réussies et de deux réformes sociales audacieuses initiées par sa Majesté le jeune Roi Mohammed VI.

Le XXI^e siècle paraissait bien parti tant les mobilités triomphaient partout : des migrations aux flux financiers, des biens échangés aux cultures partagées. Dans ce contexte d'un monde sans frontières, le Maroc voisinait avec le monde, et l'univers avait rendez-vous à Marrakech.

Cette diagonale croisant le local, le régional et le global pluridimensionnait l'homo-économus comme un pèlerin de la planète. Trois perturbations vont secouer l'harmonie du monde et changer le cours d'une mondialisation toujours efficiente économiquement mais considérablement déficiente socialement et hypothéquant l'avenir des générations futures. Les attentats terroristes du 11 septembre 2001 à New York et Washington (ainsi que les suivants à Madrid, Londres, Bali) allaient changer le temps géostratégique des relations internationales et révéler des failles de civilisation et des retours de flamme identitaires qu'on pensait révolus ; en second lieu, les principales ressources fossiles d'énergie (pétrole, gaz, charbon) commencent à montrer des signes d'épuisement, en même temps que les coûts d'exploitation,

de raffinement et de transport de l'énergie sont constamment surenchéris et « plombent » les économies nationales de nombreux pays non producteurs d'hydrocarbures comme le Maroc ; l'énergie est source de pollution grave et dangereuse pour l'Homme et la planète à travers le réchauffement climatique et toutes les atteintes concomitantes à la biosphère. Ce tableau géopolitique ne doit pas être dramatisé, il demeure toutefois préoccupant et nous conduit à penser l'avenir énergétique du Maroc en termes réalistes, prospectifs et prudents. Ce que nous appellerons comme hypothèse de travail : le bouquet marocain.

L'approvisionnement énergétique du Maroc, aujourd'hui et demain, doit constituer une priorité du Royaume parce que la poursuite du développement économique en dépend et que l'énergie conditionne les formidables mobilités du XXI^e siècle marocain. Pour ce faire, le Maroc semble en mesure d'exploiter ses nombreux atouts et pouvoir corriger quelque vulnérabilité en menant une politique locale, régionale et internationale dans son approvisionnement énergétique. Par son espace, son littoral et son climat, le Maroc peut et doit devenir à l'horizon 2030-2050, l'un des principaux fournisseurs d'énergies renouvelables (solaire, éolienne, hydraulique, biocarburants, biomasse) non seulement du Maghreb, mais de l'Afrique et doper à ce niveau une coopération euro-méditerranéenne. Lors du dernier Conseil européen, la chancelière Angela Merkel a fixé un taux de 20 % à l'horizon 2030 pour la production en Europe d'énergies renouvelables; cette prévision pourrait être largement atteinte voire dépassée par le Maroc si les investissements nécessaires sont consentis. Dans le domaine des hydrocarbures, la dépendance marocaine constitue une vulnérabilité par rapport à son puissant voisin avec un correctif possible dans l'accès à un « charbon propre » par le biais des technologies prometteuses de capture et de stockage du carbone.

Là encore, il y va d'une relance de la coopération euro-méditerranéenne parce que les technologies pour « décarbonner » le charbon s'avèrent très coûteuses et exigent des investissements substantiels et stratégiques. Ce qui est vrai pour l'Europe l'est pour le Maghreb ou pour la coopération euro-méditerranéenne, voire au niveau de toute échelle géopolitique : investir dans l'énergie (si possible propre), c'est investir dans l'économie du futur et, par ricochet, favoriser le développement et la coopération. A côté des énergies renouvelables et des hydrocarbures, il y a une kyrielle d'innovations attendues, notamment dans la production d'hydrogène et se pose *in fine* la question de l'accès du Maroc à une énergie électronucléaire. Le nucléaire permet de produire de l'énergie en quantité et sans production de gaz à effet de serre, ce qui le rend précieux dans un contexte de croissance économique et de préservation de l'environnement. Par ailleurs, l'électronucléaire suscite des réserves scientifiques à propos du sort des déchets et des résistances parmi les opinions publiques, et il implique des conditions strictes de transparence et de contrôle. Toutes préoccupations à résonance politique et somme toute régionale, car l'électronucléaire pourrait favoriser une politique énergétique équilibrée à destination de l'ensemble du Maghreb, voire de l'Afrique. Cet objectif est nécessaire et souhaitable et renforcerait un bouquet énergétique marocain conséquent et pérenne qui s'appuierait sur les avantages comparatifs du Maroc dans certains secteurs économiques, sur la coopération avec l'Algérie et les autres voisins africains et sur des échanges économiques, technologiques et scientifiques avec l'Europe et le reste du monde. L'énergie en serait le trait d'union et le fer de lance.

Liste des intervenants

Alaoui Moulay Abdellah, président de la Fédération de l'Energie
Benchekroun Abdelali, secrétaire général APMTT
Bennouna Amin, Istishar Consulting
Bouhlal Oum Keltoum, professeur à l'ENIM
Bouttes Jean Paul, directeur de la prospective et des relations internationales d'EDF
Chevalier Jean-Marie, professeur à l'Université Paris IX-Dauphine-CGEMP & Chief technology Officer d'ALSTOM à la Commission européenne
Dahman Abdeslam, professeur à l'Institut agronomique et vétérinaire Hassan II
Delaporte Pierre, président honoraire d'électricité de France (EDF), Département du transport
Favennec Jean-Pierre, directeur du Centre économique et gestion de l'Institut français du pétrole
Figueredo Reinaldo, ancien ministre vénézuélien des Affaires étrangères, expert international en matière d'énergie géologiques et minières (BRGM)
Guedira Ali, directeur des affaires techniques, ministère chargé de l'Habitat et de l'Urbanisme
Haas Patrick, président de British Petroleum (BP France)
Hauet Jean-Pierre, consultant – Ancien Senior Vice-president
Jolly Cécile, Centre d'analyse stratégique, France
Le Treut Hervé, membre de l'Académie des sciences
Malet Emile H., Directeur de la revue *Passages*, président de l'Adapes, délégué général du Forum mondial du développement
Mouline Saïd, Diese Consulting, président de l'AMISOLE
Ristori Dominique, directeur des affaires générales pour l'énergie et les transports
Scheer François, ancien ambassadeur de France, conseiller du président du directoire d'AREVA
Smani Mohammed, directeur de la R&D Maroc, membre de l'Académie française de technologie
Vallée Alain, Directeur adjoint, direction de l'Energie nucléaire, Commissariat à l'énergie atomique (CEA)
Varet Jacques, directeur de la prospective au bureau de recherches
Zhar Hamid, directeur des études, de la planification et de la coordination des transports

Prospective MAROC 2030

Actes du séminaire

Prospective
énergétique
du Maroc

Enjeux et défis

Dans le contexte international, fortement perturbé et d'une visibilité douteuse, le Maroc se doit de penser son avenir et de préparer ses options pour des scénarios du futur souhaitable et possible. La vision du futur énergétique ne peut, cependant, être envisagée sans être insérée dans le cadre plus large des impératifs du modèle de société démocratique, juste, tolérante et ouverte auquel aspire le pays. Les choix technologiques, les rapports économiques, sociaux et culturels devraient avoir un impact évident sur le mode de gestion de ce secteur, et ce mode de gestion doit, à son tour, nécessairement impacter, d'une manière forte, l'évolution des niveaux de disparité géographique et social que le pays doit résorber.

La montée en puissance du rôle du consommateur mondial, ses exigences croissantes en matière d'environnement et de traçabilité des produits auraient, par ailleurs, une aussi évidente influence sur le choix du contenu en énergie des biens exportables et donc sur les options du tissu économique de la société de demain.

L'énergie est l'un des secteurs qui est appelé, probablement, à induire un changement historique dans les fondements des relations économiques internationales. La problématique que soulève l'évolution de ces données et leurs implications transcendent, de par leur nature, le volet économique et les espaces nationaux. La sécurité énergétique s'imposera de plus en plus comme une exigence aux niveaux régionaux et mondiaux. Ses solutions seront une responsabilité éminemment collective qui impliqueront de plus en plus tous les pays, qu'ils soient producteurs d'énergie ou qu'ils en soient dépourvus.

Il apparaîtra ainsi, d'une façon croissante, que les solutions qu'elle requiert seront régionales et internationales ou ne seront pas, face aux défis communs à tous qu'affronte la communauté internationale, non seulement ceux du développement durable mais aussi ceux de sa condition nécessaire, à savoir la paix entre les peuples et la fin de la violence et du terrorisme. Dans ce cadre, s'agissant du Maroc et de notre région, nous pouvons émettre le vœu que les pays du Maghreb sauront dépasser les conflits artificiels qui les opposent, pour s'imposer la sagesse commandée par leur histoire commune et leur avenir solidaire et mobiliser leurs potentialités au service du bien-être durable de leurs peuples.

Ahmed LAHLIMI ALAMI
Haut Commissaire au Plan

