

Ma première question est sur l'enjeu énergétique dans notre monde et la demande qui ne cesse d'augmenter. Avec un baril de pétrole qui a dépassé les 100 dollars, est-ce qu'il y a d'autres alternatives par rapport au pétrole ? Est-ce que le monde est menacé par une grande guerre pour le monopole du peu de ressources qui reste ?

Oui, effectivement, l'enjeu énergétique est considérable puisque la consommation mondiale d'électricité augmentera de 60% en 2030, les répercussions de cette croissance sur la disponibilité des ressources primaires et les changements climatiques font craindre le pire et probablement des conflits plutôt régionaux au moyen orient, en Amérique latine ou en Afrique. D'autres formes de production de l'électricité, notamment les énergies renouvelables, s'avèrent de ce fait incontournables et pourront représenter 15% de la demande d'ici 25 ans. Le nucléaire apparaît comme une solution à prendre avec beaucoup d'intérêt. Mais pour le développement des énergies renouvelables, qui est tout à fait souhaitable, il faut avoir l'honnêteté de dire que ces énergies ne représentent aujourd'hui et ne représenteront sans doute demain qu'une part limitée de notre production. L'énergie nucléaire constitue dans ces conditions une alternative possible au recours aux importations de gaz et de fioul.

Qu'en est-il pour le problème de l'énergie dans le transport ?

Le problème de l'énergie dans le transport est un sujet à débat à prendre avec beaucoup de sérieux. Aujourd'hui, beaucoup de chercheurs croient par exemple à la pile à combustible comme alternative aux procédés classiques de production électrique. Mais l'un des grands problèmes, c'est que l'on n'a pas encore trouvé le moyen de «stocker» l'électricité. Faute d'une voiture électrique avec une autonomie raisonnable, des systèmes hybrides sont actuellement disponibles sur le marché. Dans une stratégie de réduction volontaire des émissions des gaz à effet de serre ou de raréfaction des ressources fossiles et ne faisant donc pas appel aux hydrocarbures, le développement d'une future économie de l'hydrogène énergie présente aussi un intérêt indéniable. Mais la perspective de produire l'hydrogène à partir d'énergies non fossiles, donc sans émissions de CO₂ incite à améliorer le procédé d'électrolyse, pour extraire l'hydrogène de l'eau. L'idée de base est d'utiliser la haute température afin d'améliorer l'efficacité énergétique du procédé d'électrolyse et donc, de baisser le coût de production de l'hydrogène. L'évaluation des facteurs économiques, associés au procédé de production d'hydrogène énergie et l'examen de la possibilité d'utiliser la chaleur géothermique, la chaleur nucléaire ou toute source d'énergie compatible pour l'électrolyse de l'eau à haute température, contribueront sans doute à réduire le coût global de la production d'hydrogène par électrolyse.

Vous avez dit que le nucléaire apparaît comme une solution à prendre avec beaucoup d'intérêt mais c'est une technologie qui demande beaucoup de rigueur et de sécurité que la majorité des pays du monde ne possède pas ?

L'énergie nucléaire devient une énergie incontournable dans l'économie mondiale, même s'elle n'est pas considérée comme une source écologique, il n'y aura probablement pas d'innovations techniques disponibles jusqu'en 2050, nous n'aurons donc pas le choix. De plus, les déchets des centrales nucléaires sont mieux surveillés que les déchets nucléaires ou toxiques des hôpitaux ou des industries. Le nucléaire de demain sera radicalement différent de celui d'aujourd'hui. Des systèmes de production, associant des nouveaux réacteurs et des nouveaux cycles du combustible, devraient voir le jour dans les pays les plus en pointe, dans les vingt à trente ans qui viennent. Pour les pays les moins avancés, les pays les plus pauvres; la plupart, se préparent sur le plan technologique à l'utilisation de l'énergie nucléaire. Ils

assurent une veille technologique sur l'ensemble des aspects liés à la technologie nucléaire et possèdent souvent des centres qui jouent un rôle d'appui technique à l'Etat en matière de sûreté radiologique et la gestion des déchets radioactifs. Comme nous avons vu ces derniers temps, certains gouvernements ont même la volonté de mettre à niveau le cadre juridique qui régit l'activité nucléaire.

La France le pays où vous êtes installé et où vous travaillez a fait le choix du nucléaire depuis cinq décennies, ce qui permet aujourd'hui à ce pays de produire plus de 80% de son électricité. D'autres l'ont abandonné comme l'Allemagne, par peur d'accident et pour le problème de gestion des déchets . La pénurie du pétrole aujourd'hui a donné raison à la France, est ce que le choix de la France va être imposé au reste du monde ? Quel est votre avis en tant que chercheur ?

Pour moi, la question du nucléaire est du ressort des Etats. On doit permettre à chacun de décider librement. C'est un défi politique. Certains sont convaincus du nucléaire ou choisissent de réduire leurs capacités, d'autres, songent à lancer ou relancer leur programme. Le nucléaire s'impose aujourd'hui de plus en plus en raison du coût de plus en plus exorbitant du pétrole, des contraintes qu'entraîne l'application de l'accord de Kyoto et des besoins de développement grandissants. Dans le cas de la France, par exemple, il faut préparer le renouvellement du parc existant. Pour pouvoir décider de façon pertinente et ouverte vers 2015, il est nécessaire de disposer d'un réacteur le plus moderne et le plus performant possible. L'EPR est le premier des grands projets industriels et scientifiques qui placera la France en tête mondiale dans les années 2010. Personnellement, je pense que le nucléaire et les énergies renouvelables seront complémentaires dans le cadre d'un mix énergétique qu'il faut chercher à optimiser.

Est ce que vous pouvez m'expliquer ce que veut dire la nouvelle génération de réacteurs EPR?

Le réacteur pressurisé européen (EPR de l'anglais European Pressurized Reactor) est un réacteur de troisième génération qui a pour objectifs affichés l'amélioration de la sûreté et la rentabilité économique par rapport à celles des réacteurs à eau pressurisée. C'est un concept qui est destiné aux pays disposant d'un réseau électrique de forte capacité capable de distribuer une puissance électrique de l'ordre de 1 600 mégawatts. Le premier chantier d'un réacteur de type EPR a débuté en Finlande en 2005, début 2008, ce chantier compte plus de deux ans de retard et 1,5 milliards d'euros de pertes financières !

Le nouveau Président Français a choisi d'exporter le nucléaire. Cette décision profite aux pays arabes. Quel regard vous portez comme chercheur sur cette décision et quelle conséquence sur la région du Moyen-Orient et de la zone méditerranéenne?

Pour moi, le partage du nucléaire civil peut être l'un des fondements du pacte de confiance que l'Occident doit passer avec le monde arabe et le Président français n'hésite pas à le dire. Les accords passés avec la France sont conformes au traité de non-prolifération nucléaire (TNP), aux termes duquel les Etats qui renoncent volontairement à se doter d'une arme atomique disposent en échange d'un "accès aux applications pacifiques de la technologie nucléaire". Tous les pays arabes ou presque ont aujourd'hui des ambitions nucléaires. L'Algérie est le premier pays arabe à bénéficier d'un accord-cadre qui organise, pour les vingt prochaines années, la coopération avec la France pour le développement d'une filière nucléaire. La Libye souhaite que la France lui livre un réacteur nucléaire capable de produire

l'électricité nécessaire à une usine de dessalement d'eau de mer. Le Maroc est également sur les rangs. Mais la technologie française pourrait aussi intéresser d'autres pays comme les Emirats arabes unis, la Jordanie ou encore l'Egypte qui souhaitent couvrir en 2020, 20 % de leurs besoins énergétiques. Même les pays du Golfe, dont l'Arabie saoudite peuvent avoir intérêt à produire de l'énergie nucléaire afin d'exporter plus et plus longtemps leur pétrole ! Les préoccupations énergétiques et économiques sont évidentes, mais je ne crois pas qu'elles sont les seules, je pense aussi que c'est une réponse au programme iranien. Les Etats arabes ne veulent pas que l'Iran soit le seul pays de la région du Moyen-Orient et de la zone méditerranéenne, avec Israël, à maîtriser le cycle nucléaire.

[Le Maroc votre pays d'origine parle depuis longtemps des projets nucléaires sans franchir le cap ni concrétiser ses projets, comment expliquez-vous cette hésitation malgré les besoins urgents en termes d'énergie, en plus il est le seul pays arabe qui ne possède ni pétrole, ni gaz ?](#)

Je ne sais pas s'il y a vraiment beaucoup d'hésitations mais le nucléaire est une alternative qui exige beaucoup de recherche et surtout une décision politique favorable à l'utilisation de cette énergie. Le Maroc dispose déjà d'un site qui a été étudié et réservé pour accueillir une centrale électronucléaire. Il me semble qu'il y a déjà eu des discussions avancées en 2006 avec le géant russe du nucléaire Atomstroïexport qui serait candidat à la construction du premier réacteur nucléaire marocain à partir de 2016 ou 2017. Plus récemment, le même type de discussions ont eu lieu entre la France et le Maroc à l'occasion de la visite officielle du Président français au Maroc.

Dans le cas du Maroc, je pense qu'il faut militer pour un bouquet électrique marocain composé de nucléaire et d'énergies renouvelables. Il faut aussi militer pour une sortie des énergies fossiles (gaz, pétrole, charbon...). Elles sont grandes productrices de gaz à effet de serre. Il faut faire passer la production d'électricité issue des énergies renouvelables (éoliennes, solaire, hydraulique...) à 30%. Les énergies renouvelables sont utiles pour les pays les moins avancés, les pays les plus pauvres. La France peut être ce laboratoire pour le Maroc. Par exemple, l'engagement européen demande à être à plus de 20 % de renouvelables.

[La France peut être ce laboratoire pour le Maroc. Pouvez-vous expliquer à nos lecteurs le sens de votre propos ?](#)

Ce que je voulais dire c'est que les compétences et le potentiel humain sont des facteurs importants pour réussir à mettre en place une politique énergétique décidée par des politiques. Si pour le nucléaire, le Maroc peut disposer de technologies « clef en main », il doit s'appuyer sur des compétences pointues en matière de sûreté radiologique pour la mission de contrôle et la gestion des déchets radioactifs. Une collaboration étroite entre la France et le Maroc peut s'avérer très intéressante à la fois pour le suivi et pour trouver les solutions aux problèmes spécifiques à « un nucléaire marocain ». Pour les énergies renouvelables, et notamment l'énergie éolienne, même la France est en retard par rapport aux objectifs fixés par l'Europe. Le mot laboratoire prend tout son sens dans la mesure où de nombreuses questions sont à résoudre, par exemple pour « stocker » l'électricité et palier à la variation de l'intensité du vent...

[Les compétences et le potentiel humain sont des facteurs importants pour réussir à mettre en place une politique énergétique décidée par des politiques. Est-ce que, à votre connaissance, le Maroc dispose du potentiel humain pour cette politique énergétique ?](#)

A ma connaissance, le Maroc dispose d'un Centre National de l'Energie, des Sciences et des Techniques Nucléaires (CNESTEN) qui emploie environ deux cents personnes dont une cinquantaine de chercheurs avec quelques compétences pointues, qui ne demandent qu'à être valorisées. Par rapport aux énergies renouvelables, le Maroc dispose d'un Centre Développement Energies Renouvelables (CDER), qui a un rôle plus d'encouragement et de promotion des énergies renouvelables. Sa portée reste très limitée me semble-t-il.

[Est-ce que cela voudrait dire que le Maroc est faible au niveau des énergies renouvelables comme le solaire, l'éolienne et ne dispose pas de vraies unités de recherche dans ce domaine stratégique?](#)

Les éoliennes sont peu nombreuses, le Maroc a récemment installé 50 MW et est en attente d'investissements qui sont des plus nécessaires, compte tenu des immenses besoins en énergies renouvelables, notamment dans les zones rurales. L'intérêt pour l'énergie éolienne est moins affaire d'écologie que d'économie. Le Maroc, où des populations rurales entières n'ont pas l'électricité, peut profiter d'avantageuses conditions d'investissement dans l'énergie éolienne que peut offrir le Danemark, l'Allemagne ou les Pays-Bas. Je crois que le Maroc dispose de zones où le potentiel éolien est très élevé, je pense par exemple à la région d'Essaouira. Le vent pourrait satisfaire au moins 20% des besoins énergétiques. Certes, l'investissement initial nécessaire serait très important, mais les coûts de fonctionnement et d'entretien seraient négligeables. Quant à votre question concernant les unités de recherches dans le domaine, je crois que; comme pour l'ensemble de la recherche marocaine dans les domaines des sciences de l'ingénieur; elle est effectivement très faible.

[Que pensez-vous de l'énergie solaire, le Maroc en dispose t-il suffisamment ? Est ce que c'est une alternative ?](#)

Comme je vous l'ai dit auparavant, le développement des énergies renouvelables (éoliennes, solaire, hydraulique...), est tout à fait souhaitable, mais ces énergies ne représenteront sans doute demain qu'une part limitée de notre production. La sécurité énergétique du Maroc passe par le nucléaire. C'est aujourd'hui qu'il faut examiner cette question, et toute la question est de savoir comment on peut combler le déficit prévu qui ne pourra pas l'être par le nucléaire pour justement examiner, assez vite, si ce déficit peut l'être par les énergies renouvelables y compris l'énergie solaire qui aura une part non négligeable, compte tenu du taux d'ensoleillement exceptionnel dont bénéficie le Maroc. De plus, des décisions dans ce sens vont, non seulement, améliorer l'indépendance énergétique du Maroc mais aussi contribuer à la lutte contre l'effet de serre. En attendant, le Maroc doit se tourner vers la réduction de la consommation d'énergie en soutenant des recherches sur l'économie, l'amélioration de l'efficacité énergétique et des rendements thermiques.

[J'ai une dernière question sur le nucléaire. l'Inde a connu récemment un grand problème, deux centrales arrêtées faute de combustible qui devait être importer des USA. Est-ce qu'aujourd'hui le Maroc peut compter sur l'énergie nucléaire sans produire son combustible pour sa future centrale ?](#)

C'est une question importante, il existe, bien entendu, un marché mondial du combustible nucléaire mais il faudrait compter sur sa propre capacité d'enrichissement et de retraitement. Il faut aussi miser sur d'autres alternatives aux combustibles nucléaires traditionnels que sont l'uranium et le plutonium. Dans le cas de l'Inde, comme vous le savez, ce pays n'est pas signataire du traité sur la non-prolifération des armes nucléaires (TNP), il a également

conservé son droit d'effectuer des essais d'armes nucléaires, ce à quoi s'opposait beaucoup de pays dont les USA qui ont justement menacé de stopper les livraisons de combustible nucléaire. L'accord américano-indien n'a pas été réalisé dans des délais raisonnables en raison des désaccords concernant le droit de l'Inde de retraiter le combustible nucléaire usagé et de procéder aux essais nucléaires. En fait, les États-Unis cherchaient à empêcher l'Inde d'utiliser les matières nucléaires à des fins militaires. L'Inde mise aujourd'hui sur le thorium comme nouveau combustible nucléaire et veut s'affranchir de l'uranium, et ainsi assurer son indépendance énergétique.

Pour revenir sur votre question concernant le Maroc. Il existe plusieurs stratégies de cycle du combustible selon que l'on procède à l'enrichissement de l'uranium et/ou le retraitement du combustible irradié. La fabrication du combustible n'est qu'une étape en amont du cycle après l'extraction minière de l'uranium naturel, la conversion et l'enrichissement. Bien entendu, après l'irradiation en réacteur, vous avez d'autres étapes en aval du cycle telles que l'entreposage intermédiaire, le retraitement du combustible irradié, l'entreposage des déchets radioactifs et des combustibles irradiés et le stockage en couche géologique profonde. Pour le Maroc, tout accord de coopération dans le domaine de l'énergie nucléaire, doit tenir compte de ses intérêts stratégiques. Le Maroc doit obtenir l'essentiel c'est à dire à la fois la possibilité d'acheter les technologies nucléaires indispensables à la construction de centrales nucléaires modernes et le droit de retraiter le combustible nucléaire usagé. Pour être mis en application, l'accord doit être approuvé, bien entendu, par l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) qui exige les garanties de la non-prolifération d'armes nucléaires.