



LE PROJET MAGHREB-EUROPE

(NOTE DE SYNTHÈSE 30-11-07)

Mr Claude ETIEVANT est diplômé de Supélec et docteur en physique des plasmas de l'université d'Orsay. Il a fait carrière pendant 36 ans au CEA, pour lequel il a été pendant plus de 10 ans directeur du laboratoire de physique des plasmas. Pendant 15 ans, Mr ETIEVANT a exercé les fonctions de directeur du projet Energies Renouvelables au CEA et directeur du groupe d'évaluation des énergies renouvelables à l'Ecole Centrale de Paris. A partir de 1993, M. ETIEVANT a travaillé comme consultant en innovation pour le domaine de la production d'énergie, notamment avec ELF, où il a apporté des solutions innovantes au traitement des gaz corrosifs. Par la suite, il a été le coordinateur du projet international (Japon, France, Russie) d'une étude sur les procédés de production d'hydrogène assisté par plasma.

Mr Claude ETIEVANT, est Fondateur et Directeur de la Compagnie Européenne des Technologies de l'Hydrogène (CETH)

La crise énergétique mondiale

L'approvisionnement énergétique mondial constitue l'un des grands problèmes auxquels doivent faire face aujourd'hui nos civilisations.

L'augmentation irréversible du coût du pétrole, les tensions internationales pour sécuriser l'accès aux gisements d'hydrocarbures, les menaces de dérèglements climatiques liés aux émissions de gaz à effet de serre, le développement des pays en croissance rapide tels que la Chine, l'Inde, l'Asie du Sud-Est ou le Brésil, sont autant de facteurs déterminants à l'origine de la crise énergétique qui menace le monde.

Dans la perspective d'un développement durable, il est donc de notre responsabilité de préparer l'avenir en mettant en place dans les meilleurs délais de nouveaux systèmes énergétiques basés sur des ressources renouvelables, suffisamment abondantes, économiques et respectueuses de l'environnement. Nous avons le devoir d'être intelligents et créatifs. Nous devons en effet inventer les solutions adaptées qui nous permettront de sortir de la crise énergétique mondiale actuelle. Nous n'avons pas le choix, il faut agir très vite.

Quelles énergies pour demain ?

Avant toute action, il convient bien entendu d'effectuer les choix les plus pertinents.

Le bon sens nous commande donc de commencer par un recensement des ressources d'énergie accessibles à l'homme.

Nous examinerons successivement les réserves

énergétiques fossiles, puis les gisements d'énergies renouvelables.

Réserves fossiles à l'échelle mondiale :

Gaz naturel : $15 \cdot 10^{14}$ kWh

Pétrole brut : $16 \cdot 10^{14}$ kWh

Charbon : $55 \cdot 10^{14}$ kWh

Schistes bitumineux : $10 \cdot 10^{14}$ kWh

Uranium (< 80 \$/kg) : $2,2 \cdot 10^{14}$ kWh

Energies renouvelables :

La liste des énergies renouvelables disponibles sur notre planète est donnée ci-dessous :

Energie solaire incidente sur le globe terrestre : $16000 \cdot 10^{14}$ kWh/an

Energie solaire convertie dans les vents (énergie éolienne) : $32 \cdot 10^{14}$ kWh/an

Energie solaire convertie en énergie hydraulique : $3500 \cdot 10^{14}$ kWh/an

Energie solaire au niveau du sol (ou des océans) : $7200 \cdot 10^{14}$ kWh/an

Energie solaire convertie par la photosynthèse : $10 \cdot 10^{14}$ kWh/an

Energie des marées : $0,25 \cdot 10^{14}$ kWh/an

Energie géothermique : $3 \cdot 10^{14}$ kWh/an

Il est à noter que la fusion thermonucléaire contrôlée n'a pas été mentionnée dans la liste ci-dessus. En effet, compte tenu du caractère futuriste et incertain de



cette voie, il est très peu probable que celle-ci puisse devenir commercialement exploitable au cours du 21^{ème} siècle.

Les chiffres ci-dessus montrent de façon éloquent l'importance relative des différents gisements énergétiques disponibles dans le futur et la place privilégiée du gisement énergétique solaire.

Deux chiffres clés sont à retenir :

- Toutes énergies confondues, la consommation mondiale annuelle d'énergie de l'ensemble de l'humanité est de $1,4 \cdot 10^{14}$ kwh/an.

- L'énergie solaire qui irradie chaque année la planète terre est de $16\ 000 \cdot 10^{14}$ kwh/an.

Il existe donc un facteur 10 000 entre ce qui nous arrive du soleil et la totalité de nos besoins énergétiques d'aujourd'hui.

Le soleil est un fabuleux réacteur thermonucléaire, un véritable cadeau du ciel. Il fonctionne à merveille depuis plus de quatre milliards d'années et sa durée de vie future est du même ordre. Il constitue de ce fait une ressource géante d'énergie inépuisable à la disposition de l'humanité. Aucun autre gisement énergétique nous offre à l'humanité des perspectives comparables.

Il apparaît donc clairement que la crise énergétique d'aujourd'hui n'est pas une irrémédiable fatalité. Des solutions sont possibles, à condition toutefois de faire les bons choix.

Les pays du Maghreb viennent en tête :

Les zones les plus ensoleillées du globe s'étendent sur de vastes territoires situés au voisinage des deux ceintures tropicales, le tropique du capricorne dans l'hémisphère nord et le tropique du cancer dans l'hémisphère sud. Les pays du Maghreb et en premier lieu l'Algérie, bénéficient d'un ensoleillement exceptionnel qui les place en tête des producteurs d'énergie du futur.

Le Sahara avec une superficie de huit cent millions d'hectares reçoit annuellement à lui seul $183 \cdot 10^{14}$ kWh/an, soit plus de cent vingt fois la totalité de la consommation mondiale annuelle d'énergie d'aujourd'hui. L'intensité du flux d'énergie solaire incident dans ces régions permettra une exploitation commerciale très rentable à grande échelle.

Il s'agit en fait d'une véritable mine d'or qui sommeille ! Celle-ci reste disponible dès maintenant pour tout l'avenir de l'humanité.

Cette richesse potentielle a été bien identifiée par l'Allemagne et par la société Algérienne NEAL, New

Energy Algeria, qui collaborent dans le cadre du projet TREC, en vue de construire dans la région d'Adrar au Sahara, un grand complexe de production d'électricité au moyen de centrales solaires, d'une capacité totale de 6.000 Mégawatts.

Le projet prévoit par ailleurs la construction d'un câble électrique de 3.000 km qui reliera directement le complexe d'Adrar à la ville d'Aix-la-Chapelle. Ce câble permettra d'exporter directement l'énergie produite en Algérie vers l'Allemagne.

D'autres projets de câbles électriques de transmission entre l'Algérie et l'Europe sont à l'étude. On prévoit en effet de poser deux câbles sous-marins d'une capacité de 1,2 Gigawatts chacun, pour approvisionner l'Espagne d'une part et l'Italie d'autre part.

Le projet Maghreb-Europe :

L'exploitation de l'immense gisement d'énergie solaire du Sahara fait par ailleurs l'objet du grand projet Maghreb-Europe. Ce projet a été initié en juin 2005 par un groupe d'experts scientifiques algériens et français.

Rappelons en les principales étapes :

Alger, 21-23 Juin 2005 :

Premier Workshop International sur la production d'hydrogène solaire (1^{er} WIH2). Déclaration d'Alger. Proposition du projet Maghreb-Europe.

Lyon, 14 Juin 2006 :

Conférence Mondiale sur l'Hydrogène Energie (WHEC 2006), session spéciale sur le projet Maghreb-Europe, constitution d'un consortium regroupant une vingtaine d'instituts de recherche et d'industriels européens et maghrébins désireux de participer et de soutenir le projet.

Ghardaia, 27-29 Octobre 2007 :

Second Workshop International sur la production d'hydrogène solaire (2^{ème} WIH2). Consolidation du projet. Déclaration d'intérêt d'un grand industriel algérien NAFTAL. Ce dernier projette la création en Algérie d'une importante flotte de bus et de taxis alimentés en combustible par du gaz naturel et propose d'injecter de l'hydrogène renouvelable en mélange avec le gaz naturel.

On notera que le projet Maghreb-Europe vise à produire à grande échelle les deux vecteurs d'énergie qui seront utilisés dans les décennies à venir, à savoir l'électricité et l'hydrogène.

Le projet Maghreb-Europe comporte donc deux volets :

Le projet Maghreb-Europe (production électrique) :

Ce volet n'est pas sans similitude avec le projet algéro-allemand TREC. Il pourra dans le futur faire l'objet d'une collaboration triangulaire privilégiée entre l'Allemagne, l'Algérie et la France.

Néanmoins il est à rappeler que notre pays mène depuis plus de trente ans au centre de recherches du CNRS à Odeillo, des travaux de R&D sur la production d'électricité au moyen de centrales solaires. Ces travaux ont permis de développer un savoir faire et des technologies spécifiques. Nous souhaitons que la technologie française puisse être valorisée par une mise en application dans le présent projet.

En ce qui concerne le niveau de puissance électrique à installer dans le cadre du projet algéro-français, on peut souligner qu'il n'existe pas de limite supérieure réelle autre que la demande du marché et le flux financier à mobiliser pour réaliser les installations. On peut néanmoins souhaiter que le projet algéro-français, soit dimensionné à un niveau comparable à celui du projet algéro-allemand TREC.

Le projet Maghreb-Europe (production d'hydrogène) :

La production d'hydrogène par voie solaire est dès aujourd'hui possible par électrolyse de l'eau. La société CETH produit des électrolyseurs innovants. Cette activité est partiellement subventionnée par des programmes nationaux et européens. CETH souhaite développer cette activité avec ses partenaires algériens dans le cadre du projet Maghreb-Europe (production d'hydrogène).

Il est par ailleurs à rappeler que dans le cadre de projets subventionnés par l'Europe d'autres procédés de production d'hydrogène à partir de l'énergie solaire sont en cours de développement. Parmi les plus avancés, l'on peut citer :

Le vapo-reformage solaire du gaz naturel, le craquage du gaz naturel par pyrolyse solaire, la décomposition de l'eau par cycles thermo-chimiques rédox. Le consortium constitué à Lyon lors du congrès WHEC 2006 regroupe les principaux organismes promoteurs de ces nouvelles technologies.

Le projet Maghreb-Europe (production d'hydrogène) comportera deux phases :

1- Une phase de validation technique des procédés. Ces évaluations se feront par des essais sur des installations prototypes, construites en vraie grandeur sur des sites d'essais dédiés, notamment les sites du CNRS à Odeillo en France et les sites du CDER à Alger et à Ghardaia en Algérie.

Cette phase de validation durera plusieurs années (4-5) et sera accompagnée d'études économiques destinées à valider la sélection des technologies les plus prometteuses, en démontrant leur compétitivité économique.

2- Une phase de construction et de mise en place des complexes de production industrielle d'hydrogène conformément aux choix technologiques validés pendant la phase précédente.

On peut dès à présent anticiper que la demande du marché justifiera à terme une puissance installée de plusieurs milliers de mégawatts. Compte tenu de l'importance des installations à mettre en place cette phase de construction devra normalement s'étendre sur au minimum une dizaine d'années.

Les marchés pour l'hydrogène solaire :

On prévoit deux types de marchés :

Le marché domestique algérien :

L'Hydrogène pour l'industrie chimique (Arzew), l'Hydrogène pour les transports (projet de bus et de taxis fonctionnant au mélange H₂+gaz naturel), l'ensemble des usages industriels classiques de l'hydrogène.

Le marché d'exportation :

Hassi R'Mel est le noeud de départ des gazoducs qui acheminent le gaz naturel algérien vers l'Europe à travers la Méditerranée. Les infrastructures gazières existent.

Nous étudions la possibilité d'utiliser les infrastructures existantes pour exporter vers l'Europe l'hydrogène solaire produit dans la région de Hassi R'Mel, en le mélangeant en faible proportion (< 5 %) avec le gaz naturel.

Les bénéfices du projet Maghreb-Europe :

Le projet Maghreb-Europe sera de toute évidence bénéfique pour l'Algérie, pour les pays du Maghreb, pour la France et pour l'Europe. Les bénéfices seront notamment :

- La mise en valeur d'une ressource énergétique de première importance, une mine d'or inexploitée.
- L'apport d'une solution capable de résoudre de façon significative la crise énergétique mondiale.
- L'apport d'une solution permettant une réduction notable des émissions de gaz à effet de serre.
- L'apport d'une solution ne produisant aucun déchet toxique.



- Le bénéfice d'une solution durable.
- Le développement d'une industrie nouvelle.
- Une contribution importante à la lutte contre le chômage : nombreuses créations d'emplois.
- Une aide aux pays participants pour la maîtrise des flux migratoires.
- Le développement de coopérations scientifiques et industrielles internationales (Nord-Sud, Maghreb, pays méditerranéens).
- Un renforcement de la coopération France_Maghreb et revitalisation de la francophonie.
- La mise en œuvre exemplaire de systèmes énergétiques renouvelables et une ouverture sur de vastes marchés mondiaux à conquérir.

Conclusions et recommandations

- La mise en place d'une coopération entre l'Algérie et la France pour l'exploitation et la valorisation de l'énergie solaire dans les pays du Maghreb
- Cette coopération devra mobiliser :

Des organismes de recherche scientifique et de développement technologique dont la mission sera pluridisciplinaire. Celle-ci aura pour but d'élaborer et de valider les technologies innovantes les mieux adaptées et les plus performantes pour produire à partir de l'énergie solaire, d'une part de l'électricité et d'autre part de l'hydrogène dans les régions désertiques du Sahara.

Des entreprises industrielles du secteur de l'énergie, dotées de moyens de production puissants pour parvenir à construire et à exploiter les centrales solaires productrices d'électricité et d'hydrogène au Sahara. La compétence de ces entreprises devra également couvrir les secteurs du transport de l'énergie, notamment le transport de l'électricité par câbles sous-marins ainsi que le transport de l'hydrogène par gazoducs (en mélange ou non, avec le gaz naturel).

Des entreprises industrielles en Algérie et en France, notamment des PME et des PMI capables de concevoir et de produire les systèmes, les composants et les accessoires nécessaires pour la réalisation du projet tant pour la production, le transport, le stockage de l'électricité et de l'hydrogène solaire.

Des organismes bancaires et des investisseurs industriels intéressés par le projet Maghreb-Europe et souhaitant accompagner celui-ci dans la durée, depuis les phases initiales de préparation, d'évaluation et de validation, jusqu'aux phases plus avancées

de construction, de production et d'exploitation à grande échelle des installations solaires implantées au Maghreb.

Avec le projet Maghreb-Europe, le soleil du Sahara permettra de produire de façon inépuisable et quasiment illimitée les deux vecteurs énergétiques du futur à savoir, l'électricité et l'hydrogène.

Le projet Maghreb-Europe apportera une contribution majeure à la réduction des émissions de gaz à effet de serre ainsi qu'à la lutte contre le réchauffement climatique. Il ne produira aucun déchet toxique. Il constituera une solution durable à la crise énergétique qui menace notre planète.

Le projet Maghreb-Europe créera un lien fort et durable entre la France et l'Algérie et permettra donc à notre pays de donner un nouvel élan à la francophonie.

Le projet Maghreb-Europe, est un projet ambitieux et innovant mais il ne présente pas de risque technologique majeur, en effet la source d'énergie existe, elle est garantie et on ne peut plus s'en passer, puisqu'il s'agit du soleil. De plus, les technologies à mettre en œuvre, bien qu'innovantes, restent toutes à notre portée.

Les bénéfices du projet Maghreb-Europe, seront immenses tant pour l'Algérie que pour la France.

Ces bénéfices seront durables et d'autant plus importants que nos deux pays collaboreront rapidement et efficacement à la mise en place de ce projet.

Le projet Maghreb-Europe est de ce fait une opportunité inespérée pour l'Algérie comme pour la France et pour le reste du monde. Il n'y a donc pas lieu d'attendre. C'est pourquoi nous demandons que ce projet soit inscrit au rang des objectifs prioritaires de la coopération entre l'Algérie et la France.

Dr. Claude ETIEVANT,

Directeur de la Compagnie Européenne des Technologies de l'Hydrogène (CETH)

Centre DATA 4, Innov'Valley Entreprises,

Bât. D0, Route de Nozay, 91460 Marcoussis, France

Tél : 33 1 69 63 68 64 ou 33 1 69 63 68 65

claude.etievant@ceth.fr

www.ceth.fr